



المشروع القومي للترجمة

أقدم لك...

ستيفن هوكنغ

〈 تأليف 〉

ج.ب. ماك إيفوي

وأوسكار زاريت

〈 ترجمة 〉

ممدوح عبد المنعم محمد

〈 مراجعة وإشراف وتقديم 〉

إمام عبد الفتاح إمام

402

إهداء ٢٠٠٦
المجلس الأعلى للثقافة
القاهرة

المشروع القومي للترجمة

أقدم لك ..

ستيفن هوكنج

تأليف

ج. ب. ماك إيفوي

و

أوسكار زاريت

«طبعة منقحة»

ترجمة

ممدوح عبد المنعم محمد

مراجعة وإشراف وتقديم

إمام عبد الفتاح إمام

للمجلس الأعلى للثقافة

٢٠٠٣

**المشروع القومى للترجمة
إشراف: جابر عصفور**

- العدد: ٤٠٢
- ستيفن هوكينج
- ج. ب. مالك إيڤوى
- أوسكار زاريت
- ممدوح عبد العليم
- إمام عبد الفتاح إمام
- الطبعة الأولى: ٢٠٠٣

هذه ترجمة لكتاب:

**Stephen
Hawking
J. P. Mc Evoy
and Oscar Zarate**
الصادر عن دار:
ICON BOOKS (2001)

حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمجلس الأعلى للثقافة
شارع الجبلية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة ت: ٧٣٥٢٣٩٦ فاكس: ٧٣٥٨٠٨٤
El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo
Tel : 7352396 Fax : 7358084

تهدف إصدارات المشروع القومي للترجمة إلى تقديم كافة الاتجاهات والمذاهب الفكرية للقارئ العربي وتعريفه بها ، والأفكار التي تتضمنها هي اجتهادات أصحابها في ثقافتهم المختلفة ولا تعبر بالضرورة عن رأى المجلس الأعلى للثقافة .

«كلمة ا عتذار»

أشعر أن من واجبي أن أتقدم إلى قراء هذه السلسلة بالاعتذار عن الأخطاء الكثيرة التي وقعت في بعض الأعداد، نتيجة للسرعة أحياناً، أو عدم الدقة في المراجعة أحياناً أخرى، أو التهاون في تصحيح جميع الأخطاء أحياناً ثالثة ... ولقد حاولنا في هذه الطبعة المنقحة أن نتلافى ما قد حدث من ناحية، وأن نعتذر عنه من ناحية أخرى ...

فأرجو من كل قارئ عانى من هذه الأخطاء أن يعتبر هذه الكلمة اعتذاراً خاصاً مني إليه ..

المشرف على سلسلة « أقدم لك ... »

إمام عبد الفتاح إمام

مقدمة

بقلم المراجع

أقدم لك .. هذا الكتاب ... !

هذا هو الكتاب الثانى عشر من سلسلة «أقدم لك ...» عن عالم الفيزياء النظرية البريطانى «ستيفن وليم هوكنج» (١٩٤٢ -) الذى يعد معجزة بجميع المقاييس فهو معجزة بشرية : عبقرية علمية تجلس على كرسى متحرك؛ رجل مقعد يصعب عليه الكلام أو الكتابة، لكنه تغلب على ذلك كله بعبقريته ليصبح معجزة فى ميدان الفيزياء، يقارنون بينه وبين «نيوتن» من ناحية و«أينشتين» من ناحية أخرى.

يتابع «هوكنج» : نظرية أينشتين فى النسبية العامة - لا سيما فى مجال الجاذبية - بعد أن انتقل عام ١٩٦٢ من جامعة أكسفورد إلى جامعة كامبردج ليتابع أبحاثه فى هذا الميدان. وتؤدى هذه الدراسة إلى البحث فى نظرية الكم المتعلقة بالجاذبية، وذلك فى محاولة لتفسير موضوعين مهمين :

الأول : ما يسمى بالانفجار العظيم ، الذى بدأ منه الكون.

الثانى : «الثقوب السوداء». بالإضافة إلى تفسير التفردات (وأحياناً تسمى بالأمور «الشاذة») التى لم تفسرها نظرية النسبية الكلاسيكية تفسيراً كافياً.

ويقدم «هوكنج»، فى كتابه «تاريخ موجز للزمان» عام ١٩٨٨ تفسيراً شعبياً مبسطاً للكسَمولوجيا، ولهذا السبب يصبح من أكثر الكتب رواجاً فى العالم ... ولقد نجح فى أن يبين لنا أن أية نظرية فى كسَمولوجيا النسبية العامة لابد أن تكون «متفردة»؛ فالتفرد فى عالمنا هو «الانفجار العظيم» الذى يبدأ منه الكون. وهى نظرية أصبحت مقبولة الآن. أما الجوانب المهمة فى بحوث «هوكنج» الأخيرة فقد تركزت حول النظرية النسبية العامة فى مجال الثقوب السوداء.

كما يحاول هذا العبقرى الفذ تقديم مركب شامل يجمع بين رياضيات الكم والنظرية

النسبية وذلك مع بداية نشره لكتاب « البنية العريضة للزمكان Space-Time » عام ١٩٧٣ بالاشتراك مع ج.ف. إليس G.F. Ellis.

ولقد تمّ تعيين هوكنج أستاذاً للفيزياء في جامعة كمبردج عام ١٩٧٧ تقديرًا لهذا الرجل العملاق من زاويتي عبقريته العلمية وعجزه البشري !

أما مؤلف الكتاب فهو ج. ب ماك إيفوي الذي نال درجة الدكتوراه في الفيزياء من جامعة لندن عام ١٩٦٨ . وظل ما يقرب من خمس وعشرين سنة يعمل ويدرس في ميدان البحوث الفيزيائية في جامعة كلارك ، والمدرسة الأمريكية في لندن، ونشر أكثر من خمسين بحثًا. ثم عمل بعد ذلك في ميدان تبسيط العلم في الصحافة وأجهزة الإعلام المختلفة لا سيما البرامج التعليمية في التليفزيون. ومن هنا كانت لديه خبرة واسعة في تبسيط وتوضيح المصطلحات العلمية على نحو ما يتضح في كتابنا الحالي.

أما الفنان أوسكار زاريت الذي قام بتصميم الرسوم التوضيحية، فقد سبق أن شارك في إعداد كتب كثيرة من هذه السلسلة، صدر منها بالفعل كتاب «الذهن والمخ» (العدد ٣٠٩ من المشروع القومي للترجمة)، كما شارك في إعداد كتب أخرى مثل : فرويد، وكلاين، وماكيافللي، ولينين ... إلخ، وهي كتب نرجو أن تصدر تباعاً في هذه السلسلة. وبعد ...

فإننا لنأمل أن نكون بترجمتنا لهذا الكتاب قد أضفنا جديداً إلى المكتبة العربية ، ضمن المشروع القومي للترجمة.

والله نسأل أن يهدينا جميعاً سبيل الرشاد،

المشرف على سلسلة «أقدم لك ..»

إمام عبد الفتاح إمام

أكثر الرجال حظاً في العالم

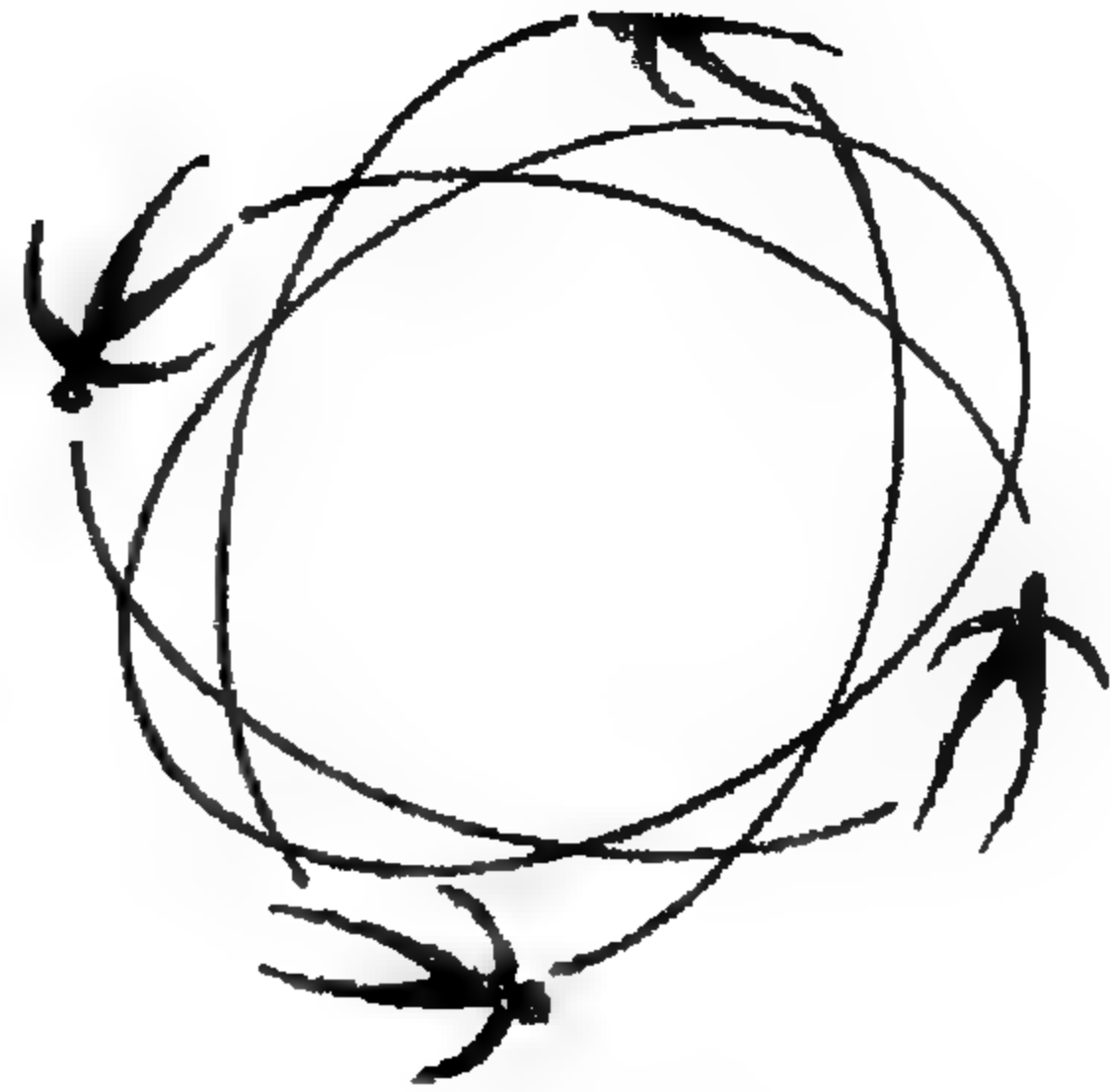
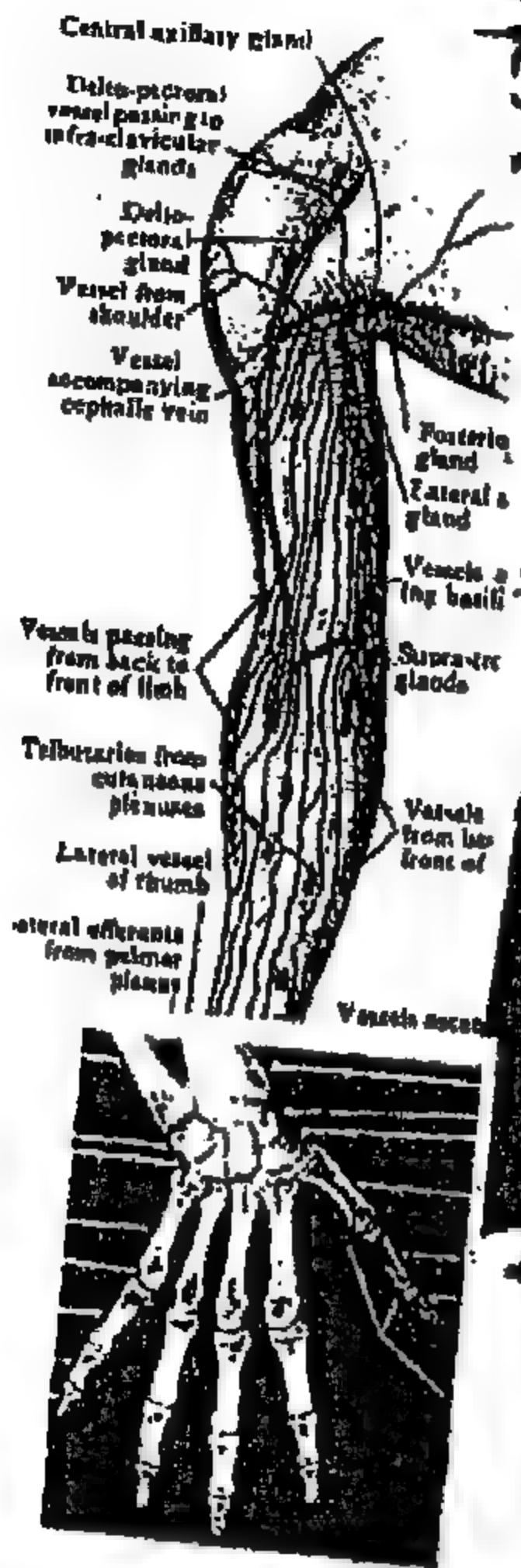
فى يوم التاسع عشر من شهر أكتوبر عام ١٩٩٤ أجرى مؤلف هذا الكتاب مقابلة مع ستيفن هوكنج، ثم بدأ بسؤال ربما يبدو جريئاً إن لم يكن وقحاً : هل يعتبر هوكنج نفسه محظوظاً؟



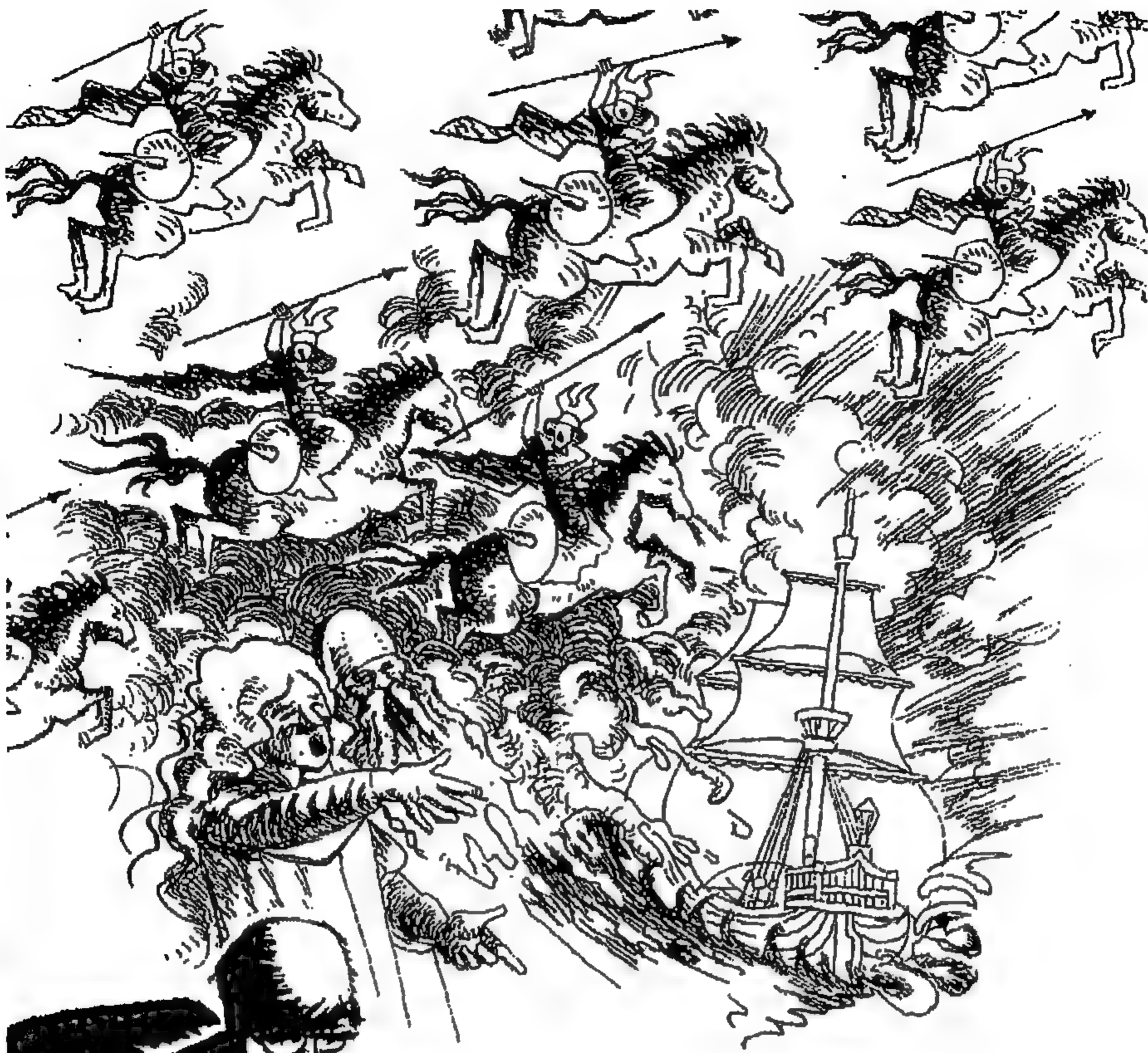
أوافق على كونى محظوظاً فى كل شىء عدا إصابتى بمرض
خلايا الأعصاب المحركة، وحتى المرض لم يكن على قدر كبير
من النكبة بالنسبة لى. فلقد تمكنت من التغلب على آثار المرض
بواسطة الكثير من المساعدة. فلقد كنت على قدر كبير من
الرضا لنجاحى رغم المرض.

وفى الحقيقة فإننى أكثر سعادة مما كنت قبل إصابتى
بالمرض. ولا أستطيع أن أجزم بأن المرض كان بمثابة
منفعة لى، ولكننى محظوظ لأنه لم يسبب العيوب
المتوقعة منه.





ولنرجع إلى الوراء قليلاً ...
كل الناس تعرف حظ هو كنج
السيئ. فلقد بدأ في أحد أيام ربيع
عام ١٩٦٢ بعد الظهر حينما شعر
أنه لا يستطيع تحريك يده لربط
رباط حذائه. وأدرك أن هناك شيئاً
سيئاً قد حدث لجسده. وفي نفس
العام كان قد أكمل أول خطوة في
طريقه العلمي حينما حصل على
البكالوريوس من جامعة
أكسفورد، وتم قبوله طالباً
للدراستات العليا في جامعة
كمبردج. ولكنه قد أصيب بمرض
التصلب الجانبي أو (ALS) وهذا
المرض مميت ولا يمكن الشفاء
منه، لذلك أمهله الأطباء عامين
فقط في حياته.



كما نستنبط من صحف التابلويد والسير الشخصية التي تطبع طبغات رخيصة، قضى هوكنج شهوراً عديدة بعد ذلك في اكتئاب عميق في مكانه في الجامعة، وهو يشرب الخمر ويستمتع لـ «فاجنر». وما زاد مرارة هوكنج أنه علم أن عالم الكونيات الشهير «فرد هويل» (ولد عام ١٩١٥)، لن يشرف على أبحاثه، وهو الذي اختار من أجله أن يدرس في جامعة كمبردج.

ولكن سرعان ما بدأ حظه في التغير، فلقد أعجبت به جين وايلد، - وكان قد قابلها في ليلة رأس السنة عام ١٩٦٢، - إعجاباً حقيقياً. كذلك خصص قسم الفيزياء بكمبريدج دنيس سياما (وُلد عام ١٩٢٦) للإشراف عليه، وهو من أفضل المشرفين على الأبحاث علماً وأكثرهم إلهاماً في مجال علم الكونيات النسبي.

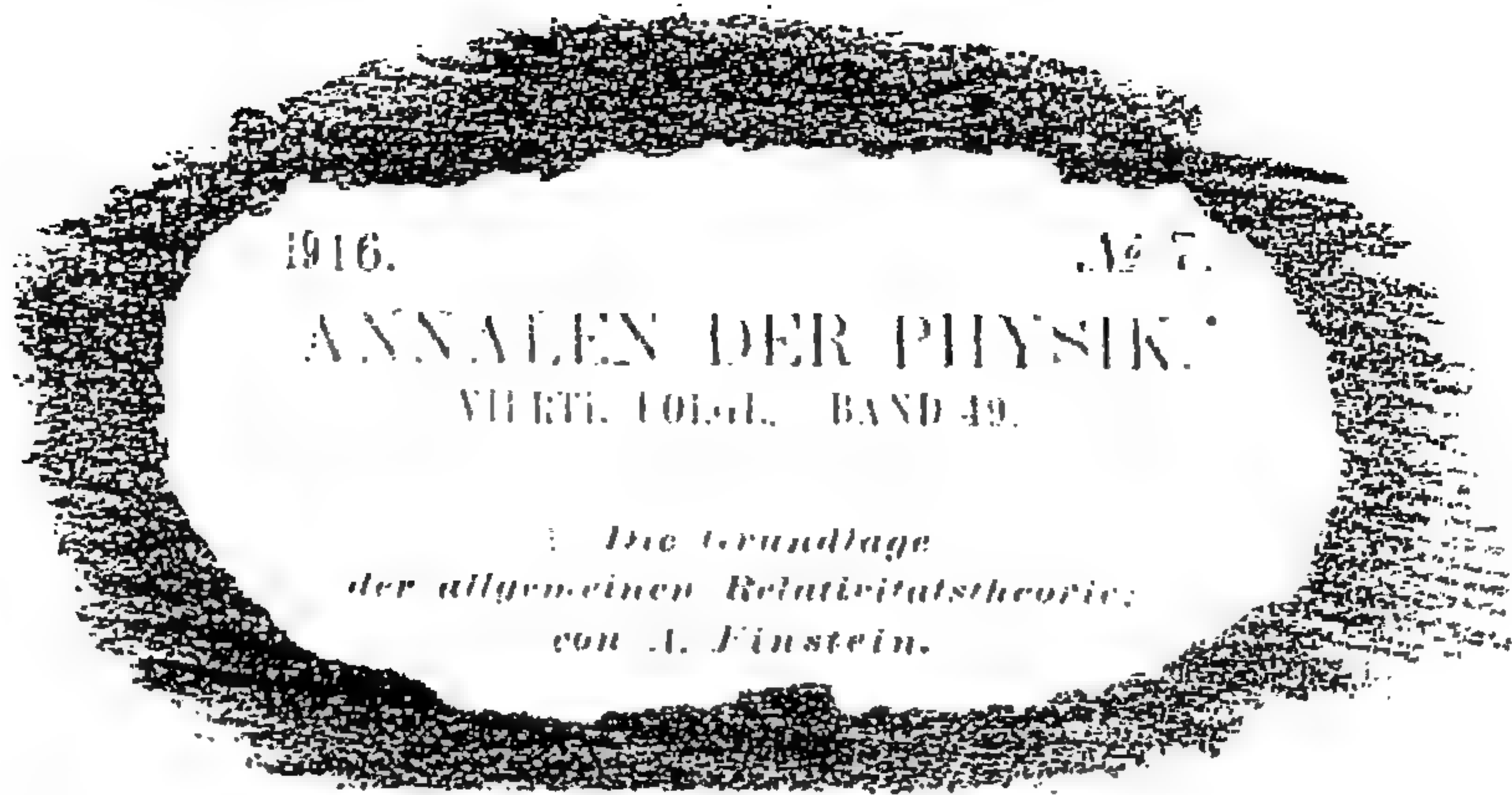


وبمجرد قبول أن قدرات ستيفن وليم هوكنج الجسدية قد أعاقها مرض (ALS) بشدة، بدأت سلسلة كاملة من الأحداث المبشرة بالخير في الحدوث في بداية الستينيات من القرن العشرين ومكنته من تحقيق قدره لأن يكون واحداً من رواد علم الكونيات في العصر الحديث.

أول شيء بالنسبة للمجال الذي اختاره وهو الفيزياء النظرية والتي لا يتطلب هذا المجال أى أدوات سوى عقله الذي لم يتأثر بمرضه أبداً. وقد وجد شريكة معينة وهى «جين وايلد» وكذلك مشرفاً على رسالته متفهماً وهو «سياما».

ثم قابل «روجر بنروز» (ولد عام ١٩٣١) عالم الرياضيات اللامع الذي كان يعمل فى مجال الثقوب السوداء، وسيدرس له أدوات تحليل جديدة تماماً فى الفيزياء. ولقد قام بنروز بحل مشكلة بحثية ساعدت على استمرار هوكنج فى رسالته للدكتوراه، وكذلك وضعته فى قلب الفيزياء النظرية.





وقد كان هوكنج على موعد آخر مع القدر في نفس الوقت. فقد كانت هناك نظرية وكان قد بدأ في تطبيقها على نطاق واسع في مسائل عملية في علم الكونيات قد تطورت منذ خمس سنوات، وهي النظرية العامة للنسبية عند أينشتاين، ويبدو أن التنبؤات التي تم بناؤها على هذه النظرية كانت شديدة الغرابة لدرجة أنها لم تقبل لعشرات السنوات. وفي بداية الستينيات كان العصر الذهبي للبحث في علم الكونيات المبني على النسبية العامة على وشك أن يبدأ. وكان القدر في انتظار هوكنج. وكان عالم الفيزياء النظرية الطموح سرّاً مستعداً رغم عجزه الطفيف.. ولم يكن يعرف مقدار ما تبقى من حياته ... ولكنه بالتأكيد كان في المكان المناسب في الوقت المناسب.



ويسمى هوكنج به عالم الكونيات النسبية، وهذا يعنى أنه يدرس الكون ككل (كونيات)، ويستخدم النظرية النسبية فى الأساس (نسبية).
وبما أن هوكنج قضى حياته العملية كلها كعالم فيزياء نظرية (منذ بداية الستينيات وحتى منتصف التسعينيات من القرن العشرين) فى دراسة نسبية أينشتين العامة، فمن الأفضل أن نعرف عما تدور هذه النظرية.

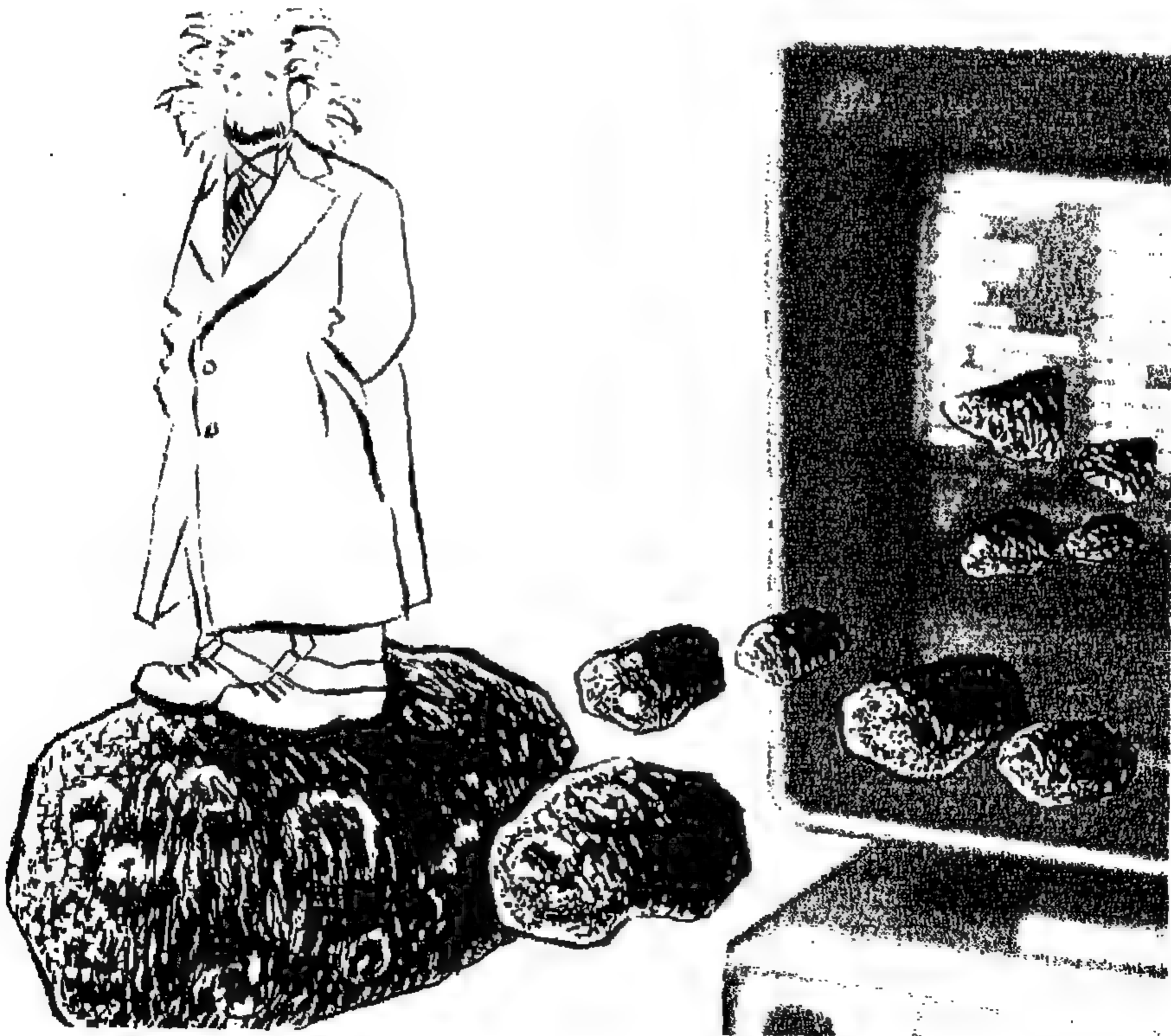


النظرية النسبية العامة

فى برلين، فى شهر نوفمبر عام ١٩١٥ كان ألبرت أينشتاين (١٨٧٩ - ١٩٥٥) قد أكمل لتوه نظريته عن النسبية العامة، وهى عبارة عن صياغة رياضية يتم فيها استخدام الفضاء المنحنى والوقت الملتوى فى وصف الجاذبية. وقد بدأ علم الكونيات ككل بعد ذلك بعامين عندما نشر أينشتاين بحثاً آخر تحت اسم «اعتبارات كونية»، والذي قام فيه بتطبيق نظريته الجديدة ككل.

ومن الصعب أن يتمكن أحد من النسبية العامة، ولكن القلة الذين يفهمونها يوافقون على كونها نظرية ممتازة ورائعة لوصف الجاذبية.

وعملية وصف مجموعة من المعادلات الرياضية بأنها رائعة لا تساعدنا فى فهم كيفية اختلاف نظرية أينشتاين عن نظرية إسحاق نيوتن (١٦٤٢ - ١٧٢٧)، ولكن المثال الذى يوضح كيف تصف كلتا النظريتين الجاذبية، وصف الجاذبية فى نفس الظروف الفيزيائية من الممكن أن يفى بالغرض.



لماذا يجب على عالم الكونيات أن يقوم بدراسة الجاذبية ؟

علم الكونيات هو دراسة كل الكون ويبنى كثير من هذا العلم على فروض «فضفاضة». ويحدد الجاذبية التركيب الكبير للكون أو ببساطة أكثر فإن الجاذبية تجمع الكواكب والنجوم والمجرات معاً. وهذا هو أكثر المبادئ أهمية في هذا المجال.

وحتى فترة قريبة كان يُعتقد أن علم الكونيات هو علم زائف يُوكل للأساتذة الفخريين المتقاعددين. ولكن في العقود الثلاثة الأخيرة أدى تطوران كبيران إلى تغير الموضوع تغييراً كبيراً وقد تصادفا مع حياة هوكنج البحثية.

القصة الكاملة بدأت من نيوتن

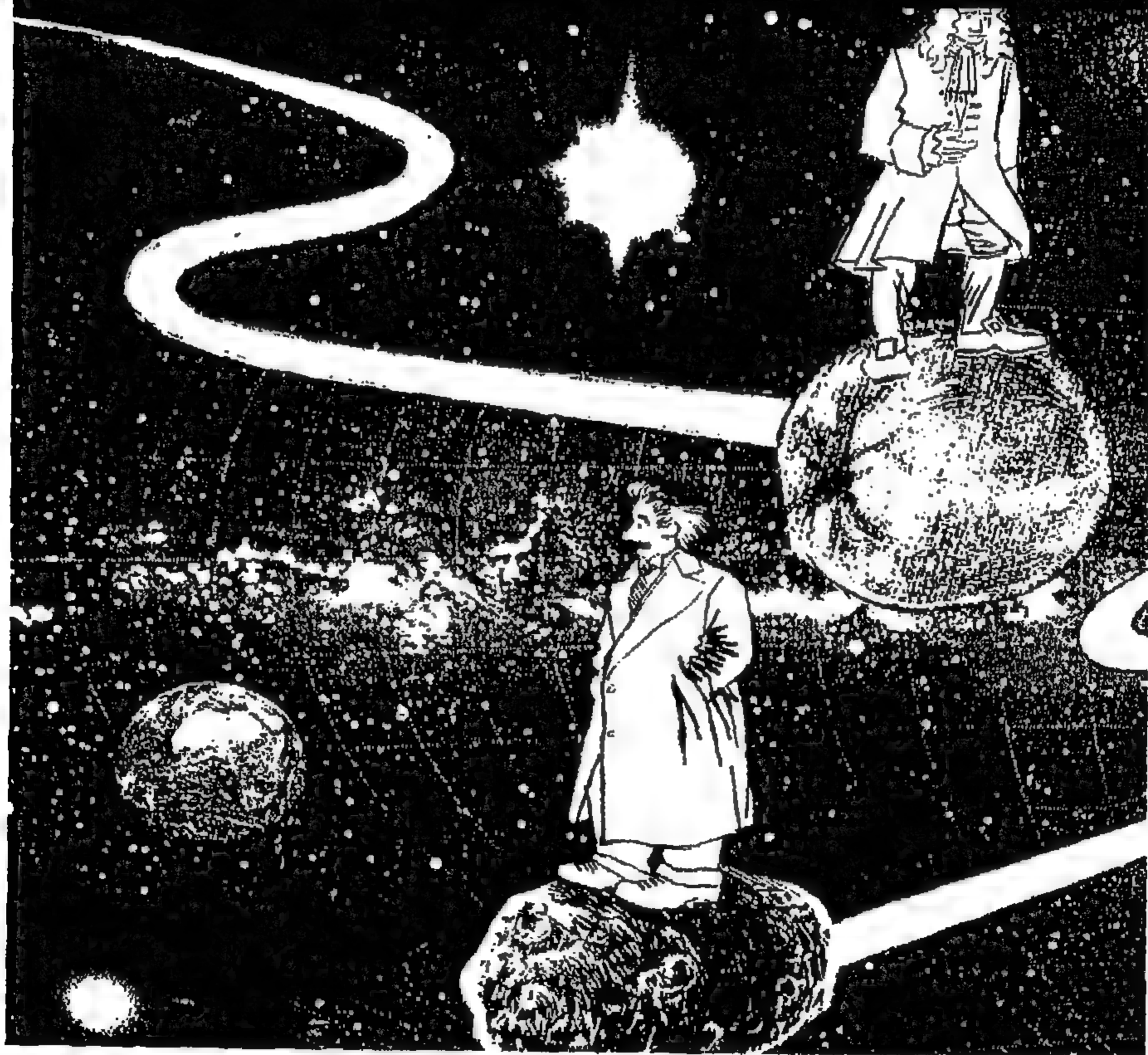
ثم أينشتاين ثم هوكنج .

في البداية نيوتن.



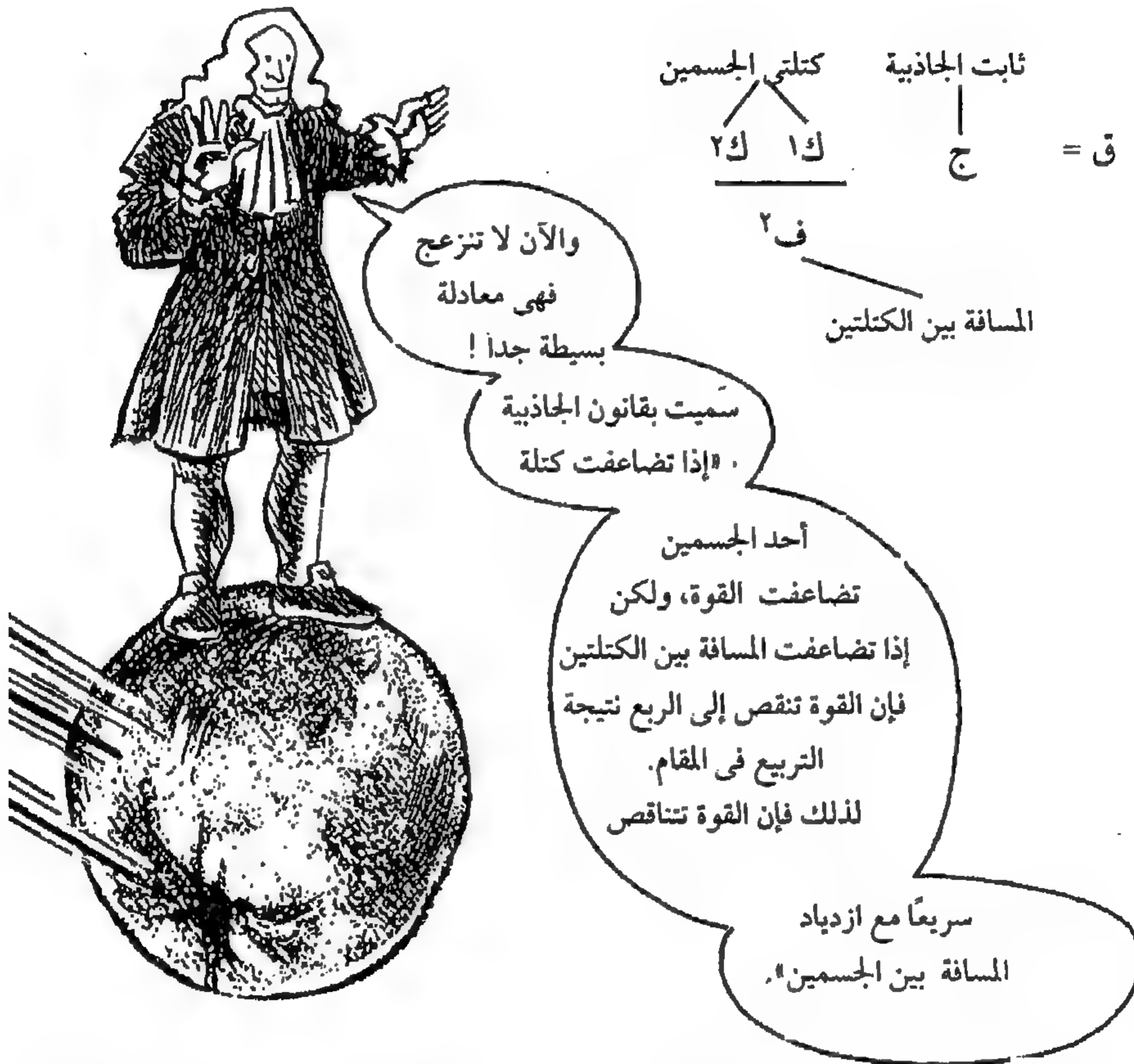
أولاً انعطافات كبرى في علم الفلك الرصدى - الذى يصل إلى أبعد المجرات جعل الكون عبارة عن معمل لاختبار النماذج الكونية. ثانياً: نظرية النسبية العامة لأينشتين تم إثباتها العديد من المرات حتى أصبحت صحيحة ومقبولة لوصف الجاذبية فى الكون كله. تذكر أن الفيزياء علم تراكمى حيث إن النظريات الجديدة تبنى على القديمة. ويتم قبول الأفكار التى تصمد أمام الاختبار التجريبي وبذلك تلك التى لا تتماشى مع النتائج العملية. وهدفنا النهائى هو فهم إسهامات هوكنج الذى وصل بنظرية الجاذبية لأينشتين إلى أبعد حدودها.

وهناك أمر مهم وهو أن نفهم فكرة النظريات الجزئية ، فعلى سبيل المثال نعتبر قوانين الجاذبية لنيوتن صحيحة فقط عندما تكون الجاذبية ضعيفة ويجب أن نحل محلها نظرية النسبية العامة لأينشتين فى حالة الجاذبية القوية. وبالمثل فإن النسبية يجب أن تتبدل بميكانيكا الكم عند دراسة التفاعلات عند مقياس ميكروسكوبى مثل تفرد الانفجار العظيم Singularity أو عند منتصف وحافة الثقب الأسود. وهوكنج هو صاحب الحظ السعيد الذى دمج النسبية العامة مع ميكانيكا الكم ليولد جاذبية الكم والتى تسمى فى الأوساط الإعلامية خطأً بـ نظرية كل شىء.



نيوتن : مفهوم القوة

قدم نيوتن مفهوم قوة الجاذبية للجذب الثقالي ، وذكر أن الجذب المتبادل بين جسمين يتناسب تناسباً طردياً مع كتلة كل منهما (أى كمية المادة التى يحتويها الشئ) وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.



والجاذبية هى: أضعف قوة فى الطبيعة كما نستنتج من خلال قيمة ثابت الجاذبية «ج» فى الوحدات العملية :

ج = ٦,٦٧ × ١٠^{-١١} نيوتن متر^٢ / كيلوجرام^٢
والنيوتن وحدة القياس للقوة يساوى تقريباً ربع رطل.

أربعة أنواع من القوى فى الكون

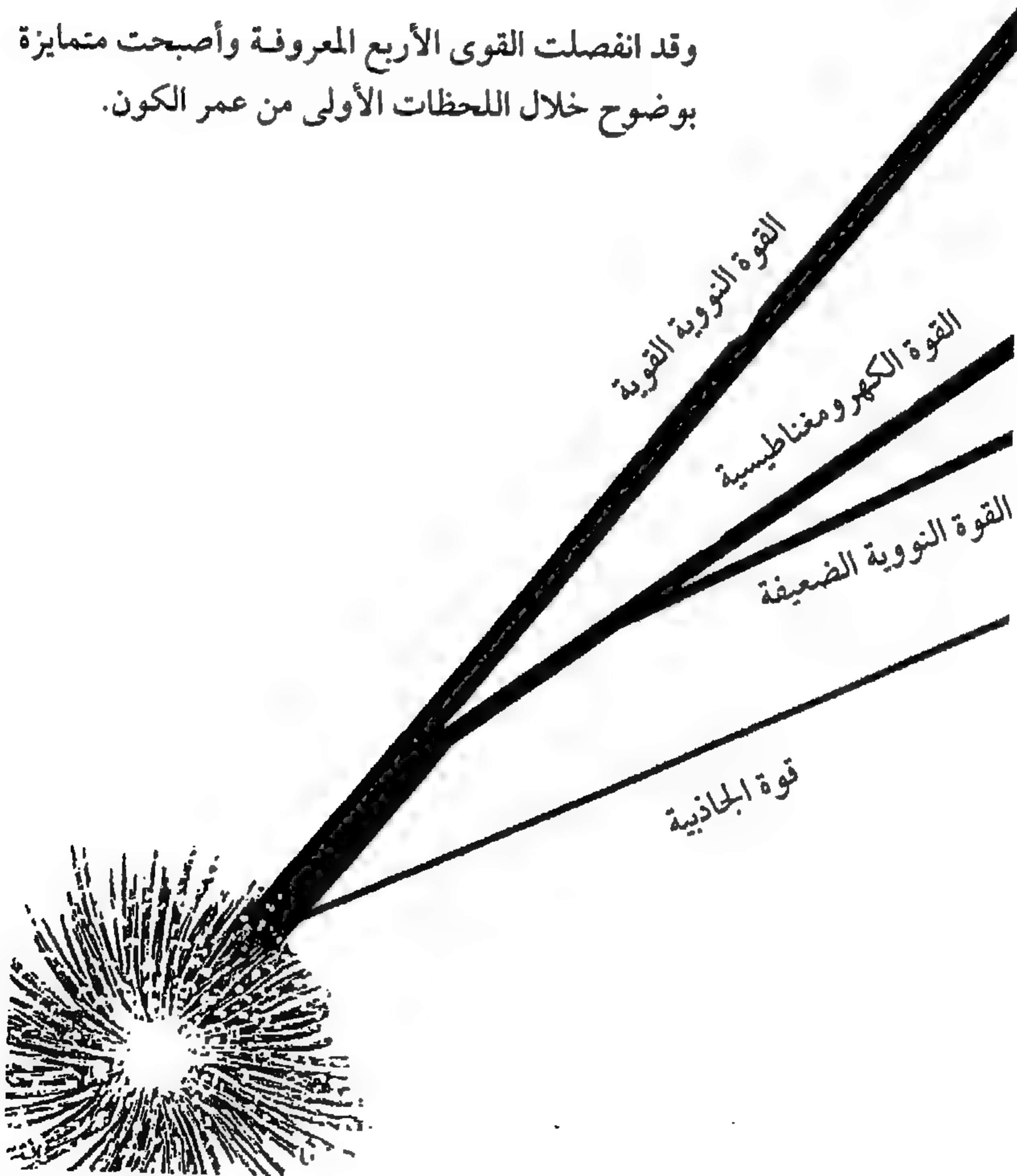
القوة الكهرومغناطيسية : تقوم بحفظ الذرات مع بعضها البعض وهى أساس لكل التفاعلات الكيميائية.

القوة النووية القوية : تقوم بربط البروتونات والنيوترونات داخل النواة وهذه القوة مهمة فى التفاعلات النووية مثل الانشطار والاندماج.

القوة النووية الضعيفة : وهى تحدد الاضمحلال الإشعاعى أى الانبعاث التلقائى لجسيمات ألفا وبيتا من داخل النواة.

قوة الجاذبية : وهى المسؤولة عن البنية الكبيرة للكون وتكوين المجرات والنجوم والكواكب.

وقد انفصلت القوى الأربع المعروفة وأصبحت متميزة بوضوح خلال اللحظات الأولى من عمر الكون.



عندما يقترب مصارعاً السومو من بعضهما داخل حلبة المصارعة (وليكن على بعد متر من بعضهما) ، نجد أن القوة التي تجذبهما (الكتلة حوالى ١٣٥ كجم) لبعضهما تعتبر ضئيلة جداً ... فهي عشرة آلاف مرة من القوة اللازمة لرفع مربع من المناديل الورقية ! ولتحويل الإجابة إلى أرطال اضرب الناتج بالنيوتن في ٢٢٥ .

$$F = \frac{10 \times 6.67 \times 10^{-11} (135)(135)}{(1)^2} = 0.000012 \text{ نيوتن}$$

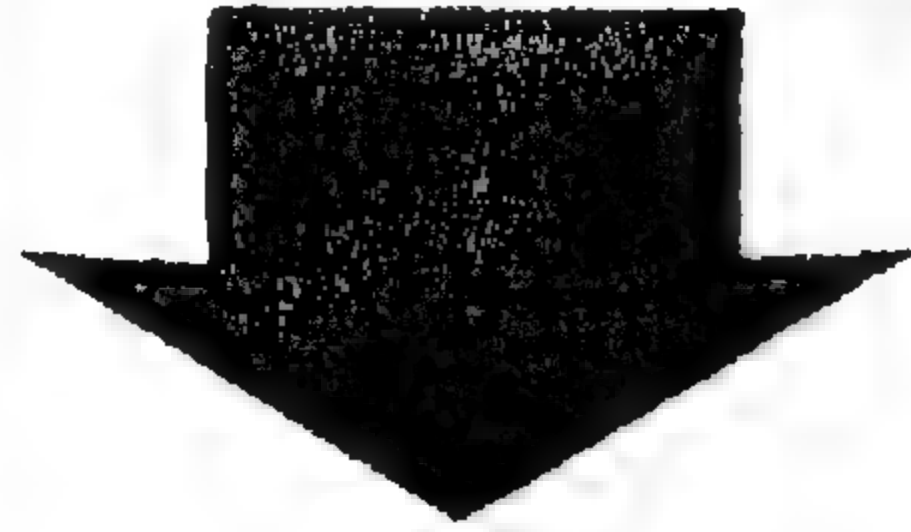
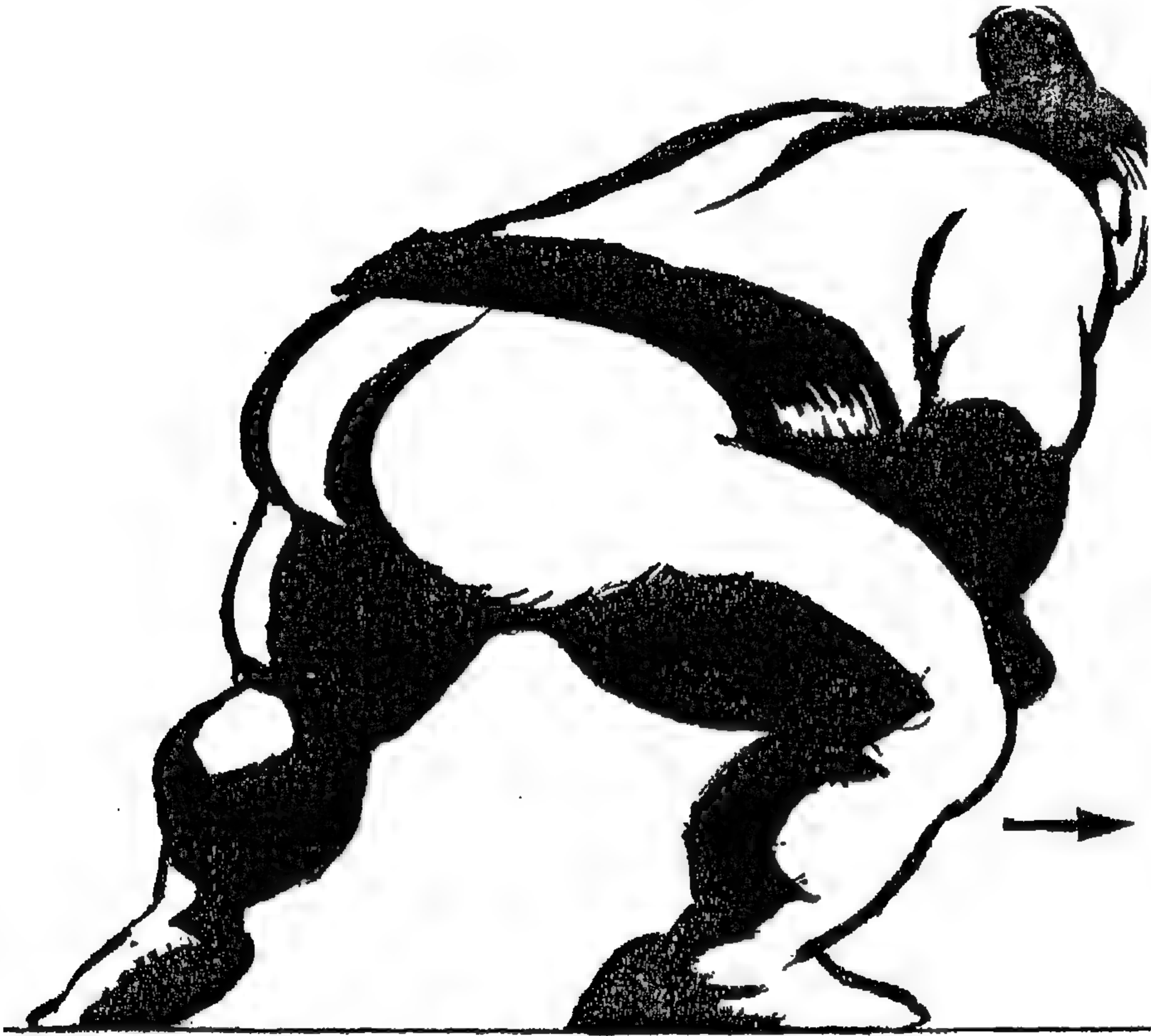
$$= 0.0000027 \text{ رطل}$$

حيث ١٣٥ كجم هو وزن الواحد منهم، للتحويل من نيوتن إلى رطل نضرب في ٢٢٥ ،



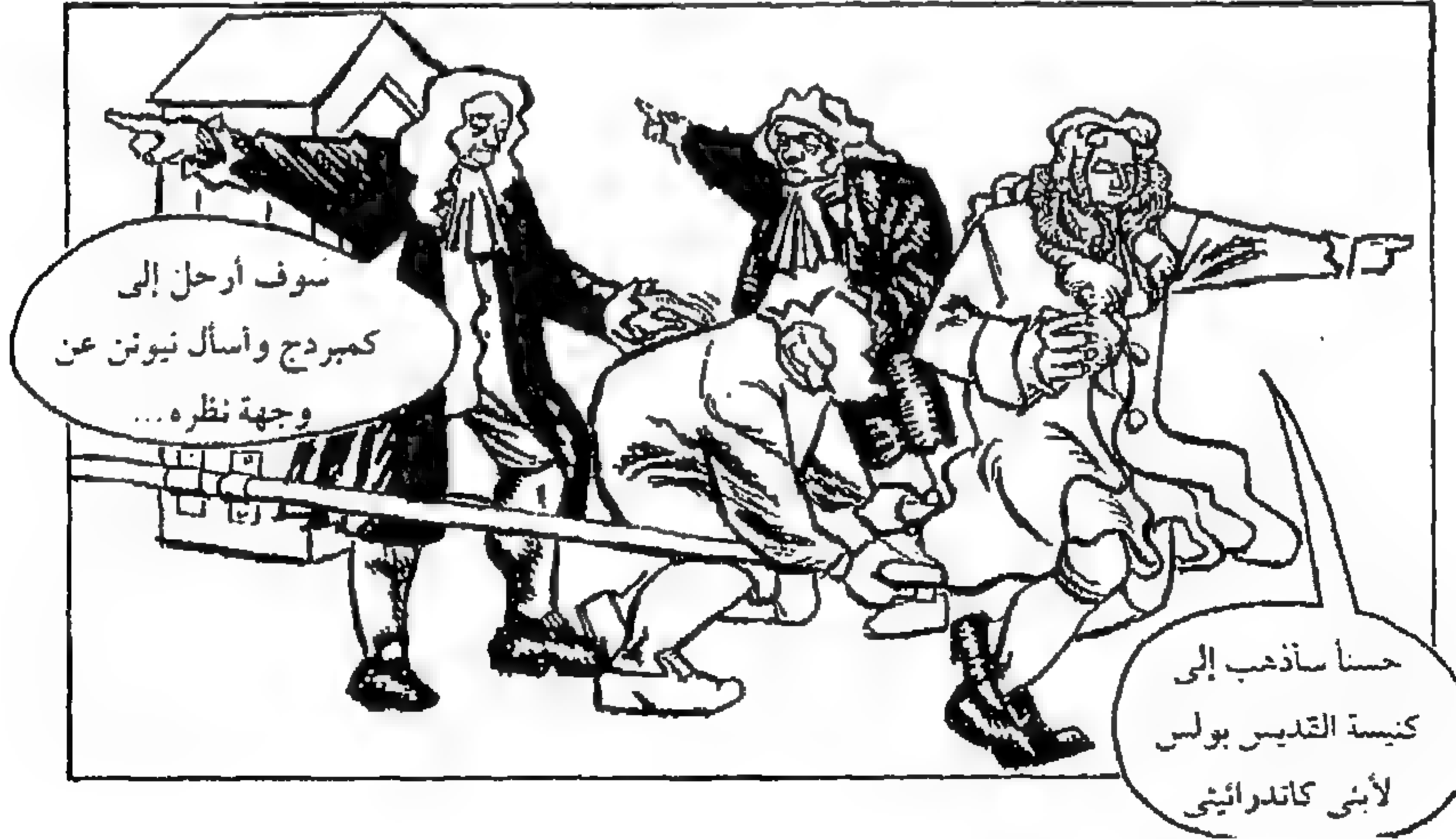
ولكن قوة جذب كل منهما إلى الأرض أكبر بكثير. وذلك لأن الجسم الآخر الذي يجذب كلاً منهما لأسفل هو الأرض التي لها كتلة $5,98 \times 10^{24}$ كجم يجب أن توضع في بسط معادلة نيوتن.

ونصف قطر الكرة الأرضية $6,37 \times 10^6$ متر يوضع في المقام. حاول أن تحسبها بآلة حاسبة ولا تنس عامل التحويل حتى تحصل على الإجابة بالأرطال:
ق ج = ٢٩٨ رطل (وهو وزن المصارع).



المبادئ الرياضية The Principia وصف عالم نيوتن

كان نيوتن مهتماً بصورة أساسية بقوة الجاذبية بين الشمس والكواكب (أى النظام الشمسى). وقد نشأت القوة الدافعة لنشر نظريته عن الجاذبية، مبادئ Principia من خلال مناقشة فى الجمعية الملكية فى عام ١٦٨٤ بين عالم الفلك إدموند هالى (١٦٥٦ - ١٧٤٢) والمهندس المعماري السير كرسستوفر رين (١٦٣٢ - ١٧٢٣) والمنافس للدود لنيوتن روبرت هوك (١٦٣٥ - ١٧٠٣).



وبدون تردد قام نيوتن (العبقري الناسك) بالرد على سؤال هالي عن المدارات الإهليجية



كلنا نعرف أن يوهانز كبلر (١٥٧١ - ١٦٣٠) قد أوضح أن مدارات الكواكب إهليجية ، لكن البرهان الرياضي لذلك كان شيئاً مختلفاً مرة أخرى.



وعاد هالي إلى لندن وهو محبط، لكن بعد ٣ أشهر تسلم بحثاً من ٩ ورقات باللاتينية (عن حركة الأجسام في المدار)، قام فيه نيوتن بوصف المسارات الإهليجية البيضاوية للكواكب بواسطة قانون الجاذبية وقوانين الحركة التي وضعها. وكان هذا هو البشير «للمبادئ الرياضية» المشهورة عالمياً (١٦٨٧) الذي قدم وصفاً رياضياً كاملاً لأفكاره.

De motu corporum in gyrum.

Def. 1. Viam centripetam appello quæ corpus impellitur vel attrahitur
 Def. 2. Et viam corporis seu corporis instam quæ id conatur perse-
 Hypoth. 1. ~~...~~
 Hypoth. 2. ~~...~~

**PHILOSOPHIÆ
 NATURALIS
 PRINCIPIA
 MATHEMATICA.**

Auctore J. S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos
 Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
 S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
 Julii 5. 1686.

LONDINI,
 Jussu Sacrae Majestatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
 plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

utrumque, si
 corpus vi impetu
 rone parte p
 id est, si corpus
 alicuius vi
 affectu fuerit
 ubi corpus
 impulsu unico
 recta ut dicitur et pergit in
 agatur et c. occurrat ut in C et
 corpus impellitur in C, tangit
 aliquid ut in C, tangit
 S. D. simili argumento si vis
 C, D, E ut faciens corpus singulis
 rectas CD, DE, EF et hi-
 SDE ipsi SCA et SEF ipsi SDE
 triangulos aequales utraque demonstratur
 in infinita et infinita parva, sic,
 singula respondent triangula
 missione. & constabit propositio.



uniformiter gyrationis vires centripetæ esse ut arcum simul
 Descriptam quadrata applicata ad radios circularum.
 Corpora A, b in circumferentijs
 circularum PP, bd gyratione simul
 describunt arcus BD, bd. Sola vi
 centripetæ describunt tangentes BC, bc
 in arcibus aequales. Vires centripetæ
 sunt quæ perpetuo retrahunt corpora
 in tangentijs ad circumferentias, alij adu ad sunt ad circumferentiam.



نيوتن وهوكنج

تقوم الأوساط العلمية بمقارنة هوكنج عادة بالآخرين من علماء الفيزياء المشهورين مثل نيوتن وأينشتين، الأمر الذي يحير العلماء، وخاصة مؤرخي العلم. فلم يكن هناك شخص واحد يتسيد جيله كله مثلما كان نيوتن فهوكنج مجرد واحد من مجموعة قليلة من العلماء البارعين المتمكنين من علم الكونيات في هذه الأيام. وبعض هذه المقارنات شيق جداً. قضى نيوتن حياته العملية كلها في كمبريدج وكانت أبحاثه ومعامله في كلية ترينيتي. أما هوكنج فكان في كمبريدج منذ بداية حياته في الدراسات العليا في عام ١٩٦٢ فيما عدا بعض سنوات التفرغ القليلة التي قضاها في الخارج. حاول كلاهما أن يفسر العالم المادي الذي يمكن ملاحظته من خلال نظريات الجاذبية : نيوتن استخدم نظريته الخاصة وهوكنج استخدم النسبية العامة لأينشتين بصورة أساسية.

وقد ارتقى كلاهما نفس المنصب الرفيع في كمبريدج وهو .



وكان التطبيق واسع النطاق لقانون الجاذبية الذي قدمه نيوتن في «المبادئ الرياضية» غير عادي بالمرّة. فلقد نجحت النظرية في الحال، ووجد أنها قابلة للتطبيق على كل أنواع الحركات في النظام الشمسي بما فيها القمر والمذنبات والكواكب. وكانت هذه النظرية دقيقة جداً، لدرجة أنها استخدمت لاكتشاف كوكب نبتون الذي لم تكن رؤيته ممكنة بالتلسكوبات المتاحة في ذلك الوقت.



هذا فيما عدا مشكلة صغيرة واحدة، وهي أن مدار عطارد لم يكن صحيحاً تماماً، ولكن لأن عطارد قريب جداً من الشمس من الصعب رؤيته فقد كان يعتقد أن هذا التناقض ناتج عن أخطاء متعلقة بالرصد وبرره كل الناس خلال القرن ١٧ والقرن ١٨.

لكنني منزعج !

وقد تم اكتشاف مدارات المشتري والمريخ وزحل، ولم يكن أحد منزعجاً.

اهدا ! لم تكن موجوداً بعد !

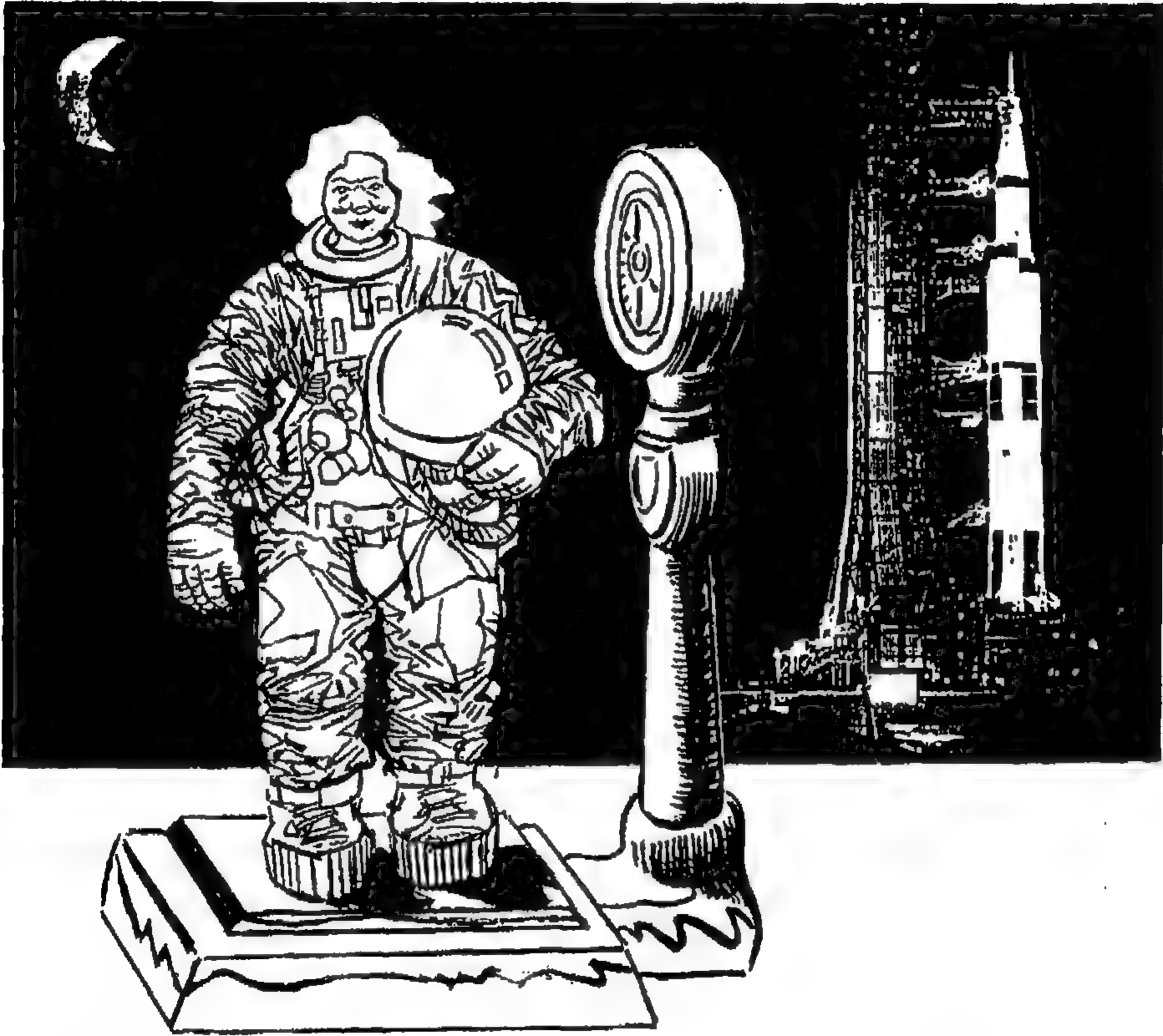
وربما يندهش الكثيرون إذا علموا أن الوصول إلى القمر بعد وفاة أينشتاين بنصف قرن لم يتطلب أى تحويلات لنظرية نيوتن. وقد استخدم مهندسو ناسا (وكالة الفضاء الأمريكية) كتابة المبادئ الرياضية عندما كانوا يرمجون صواريخهم فى «كيب كينيدى» عام ١٩٦٩.



لكن الفرق بينهما يمكن تجاهله إلا إذا كانت القياسات تتم بالقرب من جسم له جاذبية هائلة.. ففى مدارات الشمس والكواكب، بل فى معظم النظام الشمسى بأكمله، يمكن إهمال آثار نسبية أينشتاين واستخدام نظرية نيوتن.

مفهوم الكتلة

لنأخذ في الاعتبار الطريقة السحرية لإنقاص الوزن : رحلة إلى القمر ! عند نقل جسم في سفينة فضاء إلى القمر فإن وزنه ينقص إلى السدس ! ويمكن التحقق من نقصان الوزن هذا ببساطة شديدة، باستخدام معادلة النسبية عند نيوتن للمقارنة بين قوة جاذبية الجسم على سطح الأرض (أى وزنه) بتلك على سطح القمر. بمجرد التعويض بالأرقام في المعادلة نرى هذا النقصان الكبير في الوزن. ولكن لاحظ كيف تستخدم الكتلة؟.



كتلة رجل الفضاء حوالي ٦٠ كجم (يحددها ميزان وكتل عيارية) ، وكتلة الأرض $5,98 \times 10^{24}$ كجم ونصف قطرها ٦,٣٧ x ١٠^٦ متر، وباستخدام هذه القيم في معادلة نيوتن نجد أن الوزن يساوي :

الوزن = ق ج = ٥٩٠ نيوتن = ١٣٢ رطلاً. (كل نيوتن = ٠,٢٢٥ رطل)

والآن ما وزنه على القمر ؟ استخدم نفس الطريقة ولكن هذه المرة بوضع كتلة القمر
 $= 7,34 \times 10^{22}$ كجم ونصف قطر القمر $= 1,74 \times 10^6$ متر
الوزن $= 97$ نيوتن $= 21,8$ رطل.

وحتى مصارع السومو سيزن ٥٠ رطلاً فقط.



لا جدال في أن الكتلة مفهوم شائك. فمن الصعب فهمها، كما أنها كانت غامضة جداً حتى عهد أينشتاين فكر في تلك الخاصية للأجسام التي تجعلها تنجذب ناحية أجسام أخرى كما في قانون الجاذبية عند نيوتن:

كتلة الجاذبية

$$ق (قوة) = \frac{ج \text{ ك } ١ \text{ ك } ٢}{ف ٢}$$



بعد ذلك ، فكر في خاصية الجسم التي تجعله يقاوم التغيير في السرعة، كما في قانون نيوتن الثاني للحركة

$$\text{ق (قوة)} = \text{ك (كتلة القصور الذاتي)} \times \text{جـ (العجلة)}$$
$$\text{أو جـ} = \frac{\text{ق (القوة)}}{\text{ك (الكتلة)}}$$

وبالطبع إذا كانت كتلة القصور الذاتي كبيرة فإن العجلة تكون أصغر بالنسبة لقوة معينة.
والآن هل يوجد اختلاف بين هاتين الكتلتين،
كتلة الجاذبية وكتلة القصور الذاتي ؟
لقد أربكنا نيوتن.



ألبرت أينشتاين، منقذ الفيزياء الكلاسيكية

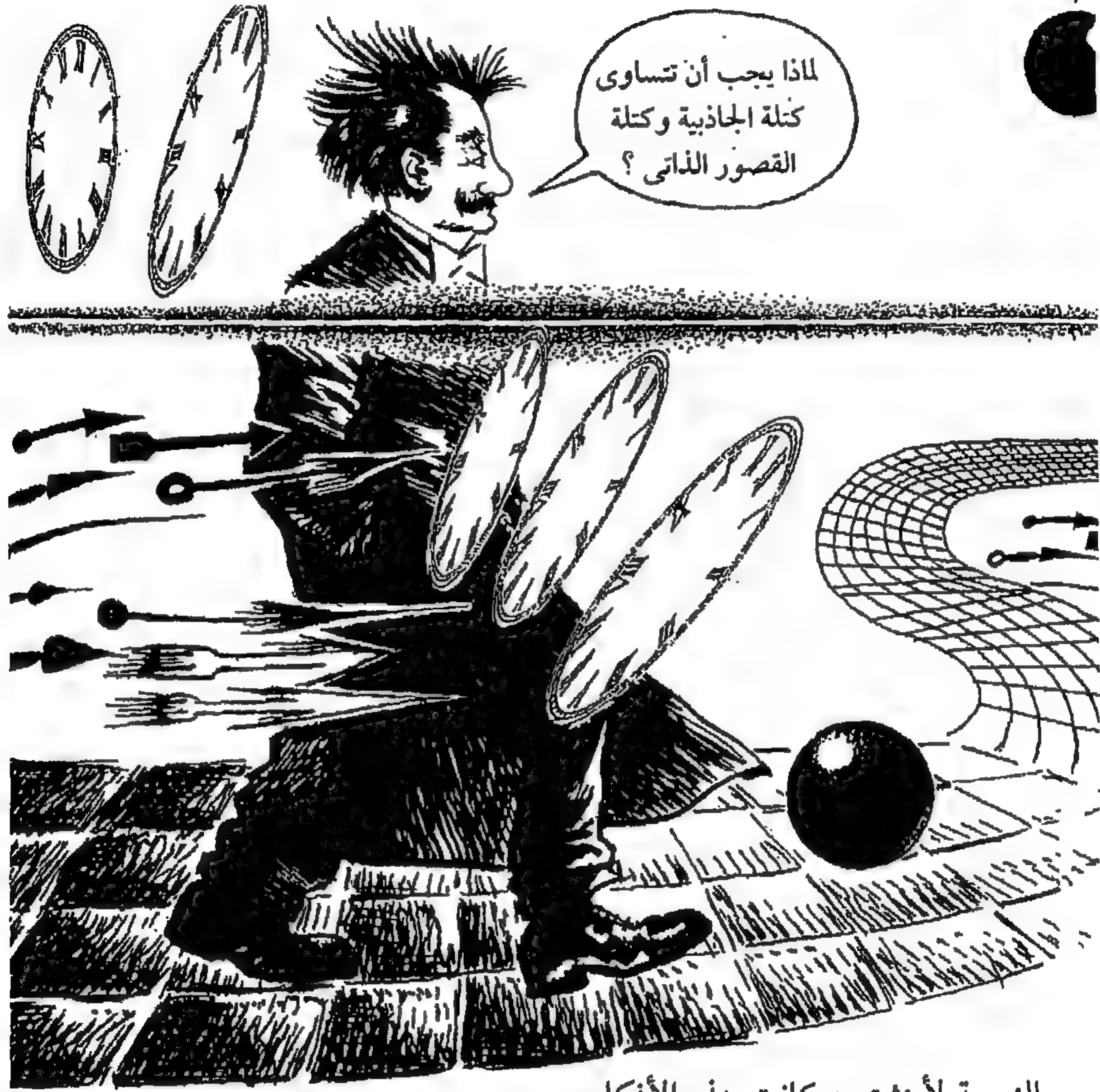
تكفل رجل واحد بتوضيح التناقضات في الفيزياء الكلاسيكية وهو ألبرت أينشتاين. وقد قرر علماء العصر الفكتوري العظام أنه لم تتبق سوى مشاكل ليقلب فيزياء نيوتن رأساً على عقب. وإذا تخيلنا أن تقدم البنية الذي وضعه نيوتن عبارة عن بيت مصنوع من بعض الكروت الورقية. نجد أن أينشتاين قام في الواقع بإزالة اثنين من هذه الكروت فقط. وتصادف أنهما كانا في قاعدة البنية.



وللقيام بذلك كان من الضروري افتراض أنه ليس بإمكان أي شيء أن يتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء التي قال عنها أينشتاين إنها دائماً ثابتة، وقد أسمى أينشتاين هذا العمل نظرية النسبية الخاصة.

كانت أبحاث أينشتين الأولى عن الديناميكا الكهربائية، واهتمت بالإشارات الضوئية والساعات المتحركة. ولكنه بعد فترة وجيزة بدأ ينزعج من الجاذبية وأربكته خاصيتها المحيرة التي تسمى الفعل عن بعد.

ووفقاً لنيوتن، إذا اختفت الشمس في لحظة فسيختفى أيضاً مجال جاذبيتها على الأرض فجأة الذي يبعد عنها ملايين الأميال. ولكن الضوء القادم من الشمس بسرعيته المحدودة سيواصل تجاه الأرض لمدة ثماني دقائق أخرى. وقد أربك ذلك أينشتين مثلما أربكه مفهوم الكتلة.



بالنسبة لأينشتين كانت هذه الأفكار عبارة عن تناقضات انزعج منها عبر سنين، وكان يعرف في شبابه أن إرادة الله وراء كل هذه التفاصيل.

وبدأ أينشتاين المنزعج يأخذ في اعتباره احتمال وجود طريقة أخرى لتفسير الجاذبية، ربما لن تكون قوة على الإطلاق. وحيث إن حركة الأجسام التي تسقط سقوطاً حراً لا تعتمد على كتلة الجسم أو تكوينه (كما اكتشف جاليليو في القرن الخامس عشر) فربما تكون الجاذبية راجعة لخواص معينة للوسط الذي تسقط فيه، أي الفراغ نفسه. وبواسطة سلسلة من الخطوات الخاصة والإبداعية قدر أينشتاين أن الفضاء ليس مستوياً ولكنه منحنٍ والانحناء الموضعي ناتج عن وجود الكتلة في الكون. ونتيجة لذلك فإن الأجسام التي تسير في الفضاء المنحني لا تتبع خطوطاً مستقيمة تتبع مسار أقل مقاومة عبر خطوط الكتور للفضاء المنحني، وتسمى هذه المسارات قياسات المساحة جيودسيك.



أينشتين وهوكنج

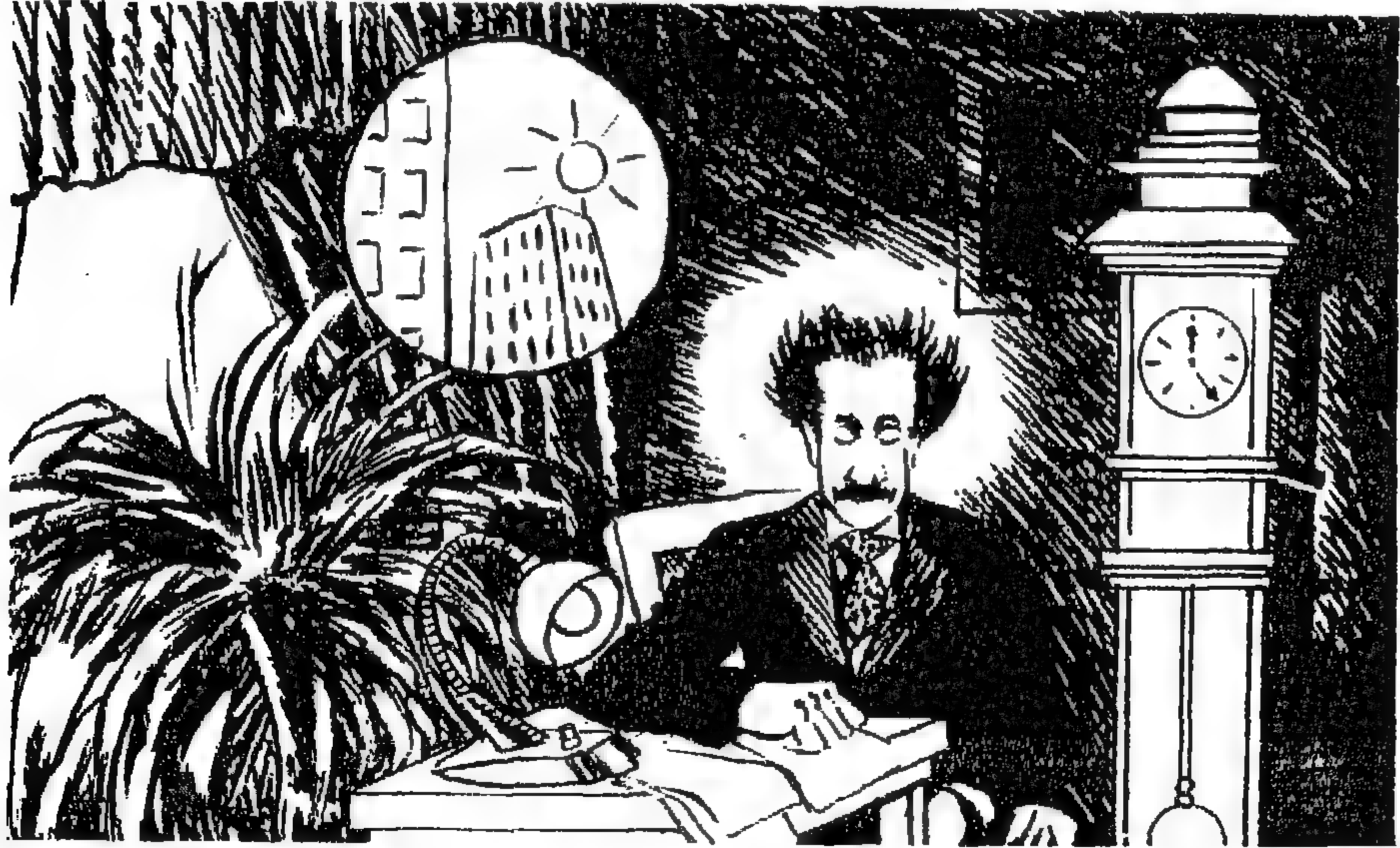
لقد أتت معظم الأعمال العظيمة فى الفيزياء من أولئك الذين جمعوا بين الحدس الفيزيائى العجيب ربط البديهة الفيزيائية الخارجة والمهارات الرياضية السليمة ، والحدس أهم بكثير من المهارات.

لم يكن كل من أينشتين وهوكنج عالمى رياضيات فقط فلقد تعلموا الرياضيات التى تمكنهما من دراسة الفيزياء وصياغة أفكارهما فى أفضل صورة ممكنة. قام أينشتين بالاستعانة بصديقه مارسل جروسمان لتعلم طرق هندسة ريمان حتى يتناول الفضاء المنحنى. أما هوكنج المتلهف على استكشاف أسرار الثقوب السوداء فى بداية الستينيات فقد أمطر روجر بنروز بالأسئلة حتى الطرق التوبولوجيا الجديدة لنظرية التفرد Singularity theory . وقد كان لكليهما القدرة على التقاط الحلول لمعظم المشاكل الشيقة.

كانت فكرة أينشتين عن الفضاء المنحنى معقولة نوعاً، ولكن لم تتضح كيفية تقنين هذا المنهج الجديد. لذلك بدأ أينشتين بالحلم بتجاربه الفكرية الشهيرة، كما فعل فى نظرية النسبية الخاصة.

وكان عليه أن يحول الأفكار النوعية التخطيطية إلى مجموعة من المعادلات التى تعطى الكمية الدقيقة لانحناء كمية كتلة معينة. وهذا التطور يعتبر من أكثر الأمثلة الإبداعية على قوة التفكير التجريدي المحض. وقد أطلق أينشتين على هذه الفكرة التى جعلته يبدأ فى هذا المجال :

أسعد فكرة فى حياتى ... !

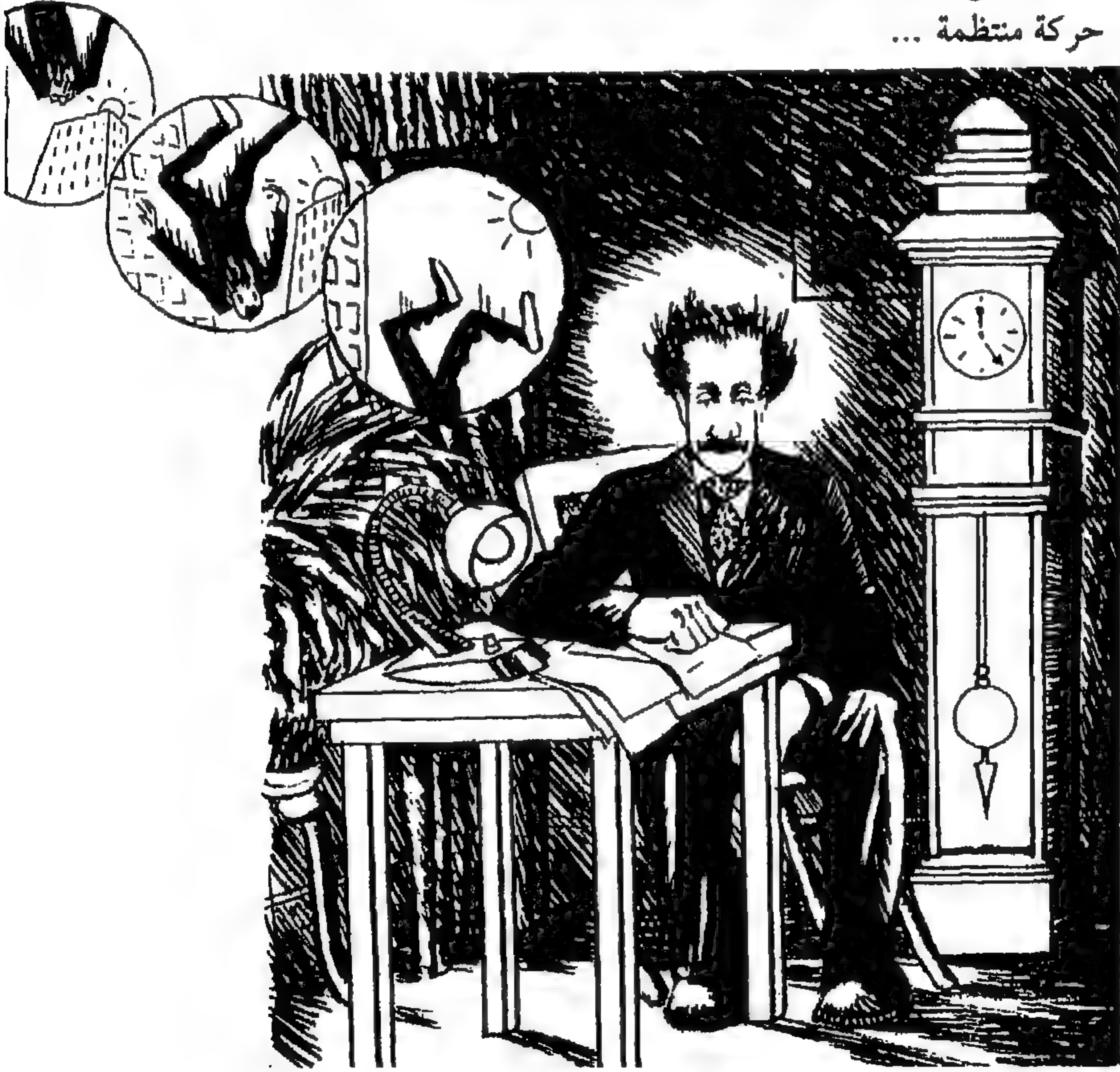


أسعد فكرة لأينشتين

عندما كنت جالساً في مكتب براءة الاختراع في برن (١٩٠٧) خطرت على ذهني فكرة مفاجئة، إذا سقط شخص ما سقوطاً حراً لن يشعر بوزنه. لقد كنت مروّعاً في وقتها وكان لهذه الفكرة البسيطة تأثير كبير علي دفعتني لنظرية جديدة، وهي الجاذبية، وكانت هذه هي أسعد فكرة في حياتي.

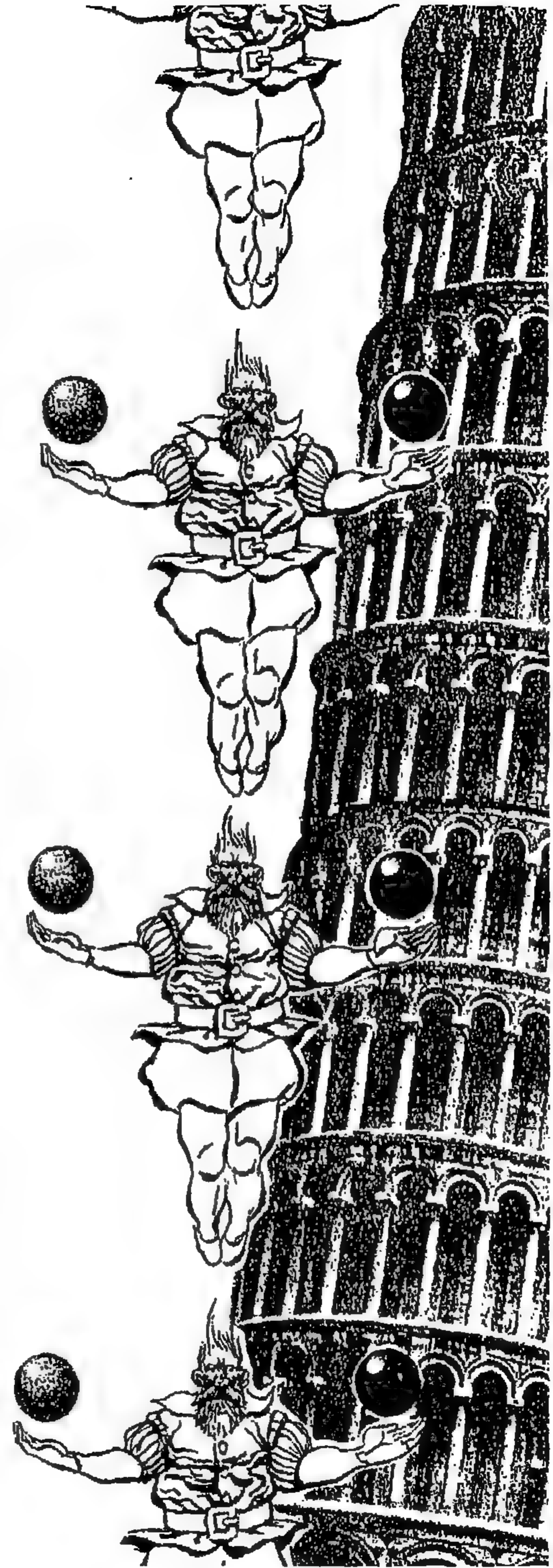
أدركت أنه ... بالنسبة لملاحظ يسقط سقوطاً حراً من سطح منزل، لا يوجد مجال جاذبية، على الأقل في الوسط المحيط به مباشرة، وإذا قام هذا الشخص لإلقاء أجسام أخرى (مثل كرات المدفعية عند جاليليو)، ستظل هذه الأجسام بالنسبة له في حالة استقرار أو حركة منتظمة مستقلة عن طبيعتها الكيميائية أو الفيزيائية . (وبالطبع نتجاهل هنا أثر مقاومة الهواء).

وبالطبع هذا الشخص له الحرية الكاملة في وصف حالته بأنه في حالة سكون أو حركة منتظمة ...



ثم أكمل قائلاً ...

وبسبب هذه الفكرة، فإن القانون التجريبي الغريب الذي ينص على أنه في مجال الجاذبية تسقط كل الأجسام بنفس العجلة (وهي طريقة أخرى للقول بأن كتلة الجذب هي نفسها كتلة القصور الذاتي) قد حظي فجأة بمعنى فيزيائي عميق. وإذا وجد جسم واحد فقط يسقط بعجلة مختلفة عن عجلة سقوط الأجسام الأخرى، فبمساعدة هذا الجسم سيدرك الملاحظ أنه في مجال جاذبية ويسقط فيه. أما إذا لم يوجد مثل هذا الجسم - كما بينت التجربة بدقة كبيرة بدءاً من جاليليو - فإن الملاحظ سوف يفتقر لأي وسيلة موضوعية تمكنه من إدراك سقوطه في مجال جاذبية. لذلك فإن هذا الشخص له كل الحق لأن يعتبر نفسه في حالة استقرار، وأن البيئة المحيطة به خالية من الجاذبية. لذلك فإن الحقيقة القائلة بعدم اعتماد عجلة السقوط الحر على طبيعة المادة تعتبر حجة قوية على أن مُسَلِّمة النسبية يمكن توسيعها لتنسيق الأنظمة التي في حالة حركة غير منتظمة.



فكرة أينشتين عن عدم إحساس الشخص الذى يسقط سقوطاً حراً بوزنه تبدو بسيطة إلى حد ما. وبداية من هذه النقطة قدح زناد فكره وبصيرته وأزال كل التناقضات فى نظرية نيوتن التى أبانتها بديهية وقوانين الفيزياء. وحول الصورة البسيطة لشخص يسقط عبر الفضاء إلى معمل صغير لا توجد فيه جاذبية. وعند ذلك استطاع أن يحلل تأثير الجاذبية على بعض الظواهر مثل انثناء شعاع الضوء أو تباطؤ الساعة، ببساطة بأن استبدل الحركة المتسارعة المصطنعة بمجال الجاذبية.

ومن خلال تفكير أينشتين فى شخص يسقط من على سطح فى برلين (أو هكذا تروى القصة)، استطاع أن يستبدل التسارع بالجاذبية ويكتشف مبدأ التساوى.

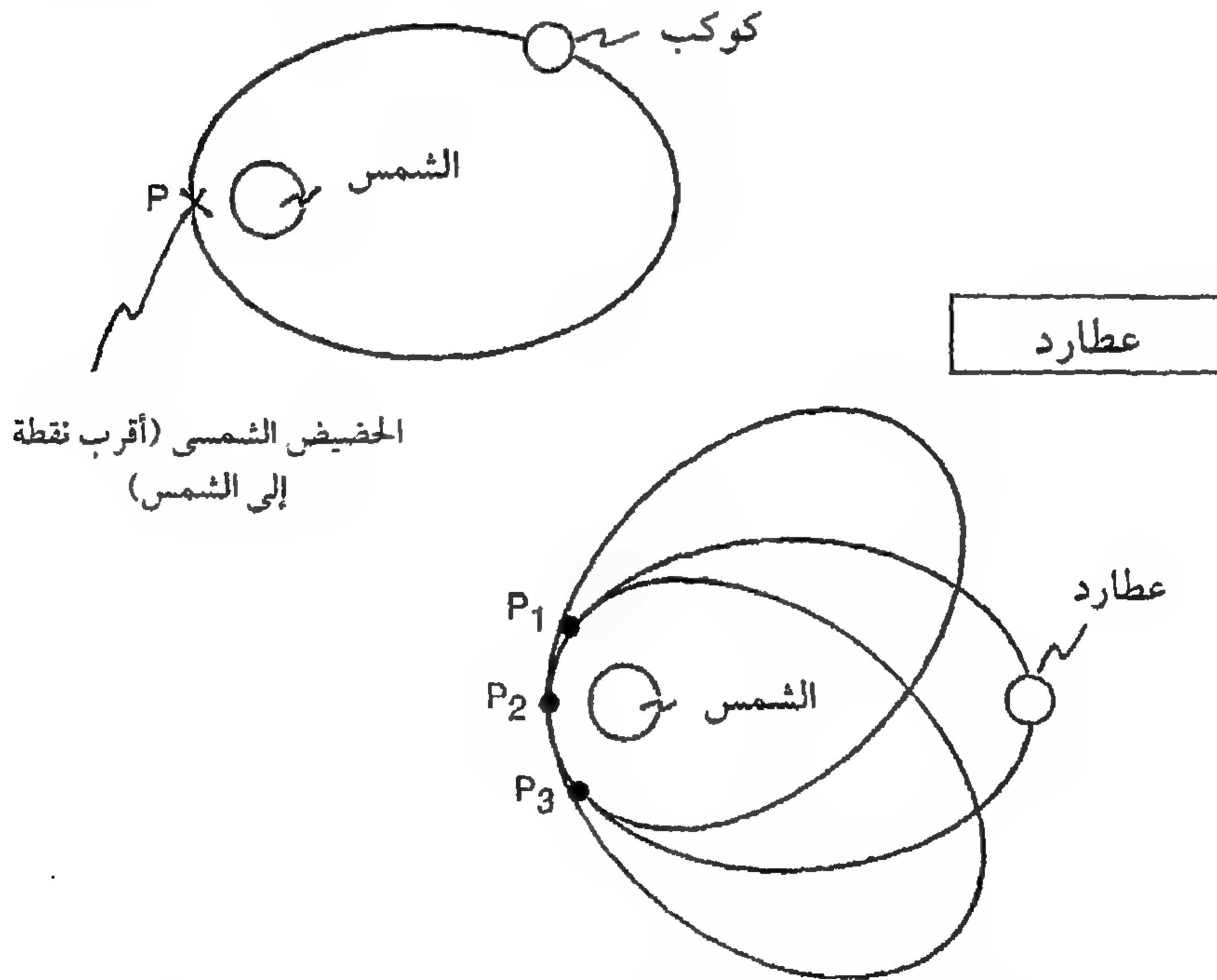


ويستطيع أينشتاين الآن أن يستخدم مبدأ النسبية القوي (وهو ينص على أن القوانين الفيزيائية يجب ألا تعتمد على إطار مرجعي معين) لاختبار قوانينه الجديدة عن انحناء الفضاء. ولديه أيضاً مبدأ التساوي (الجاذبية تساوي العجلة) ليبدأ من خلاله، بالإضافة إلى بعض المعلومات التجريبية المفيدة.

الحضيض الشمسي لعطارد : من المشكلة إلى الحل

تذكر أن العلماء في عصر نيوتن، لم ينزعجوا من التباين الصغير في مدار عطارد الإهليجي؛ حتى لو لم يكن يعود إلى نفس نقطة البداية في كل دورة. وفي أيام أينشتاين كان علماء الفلك شديدي الانزعاج، فقد كانوا بحاجة إلى تفسير. وقد تم قياس التباين هذا بدقة عالية ليعطى ٤٣ ثانية بالتقدير الدائري كل قرن، ولن يتعد كثيراً. ويستطيع أينشتاين الآن أن يستخدم نتائج الحضيض الشمسي لاختبار قانون الانحناء.

كل الكواكب الأخرى



الحضيض الشمسي لعطارد يتقدم ٤٣ ثانية بالتقدير الدائري كل قرن

العثور على المعادلة الصحيحة

قام أينشتاين باستخدام المبادئ الثلاثة لاختبار معادلاته ... وهذه المبادئ هي :



وهذه المعادلات الأحداث تنبأت أيضاً بانحراف مقداره $1,7$ بالتقدير الدائري بالنسبة لضوء النجم الذي يمر بجانب حافة الشمس وأدمج تنبؤه السابق عن تمدد زمن الجاذبية، أى اعوجاج الزمن.

وقدم أينشتاين الصورة النهائية لقانون النسبية العامة عن الفضاء المنحني والزمن المعوج للأكاديمية البروسية في الخامس والعشرين من نوفمبر عام ١٩١٥.

بعد ذلك جلس ليكتب خطاباً إلى صديق حميم، وهو عالم الفيزياء الهولندي بول إيرنفست.



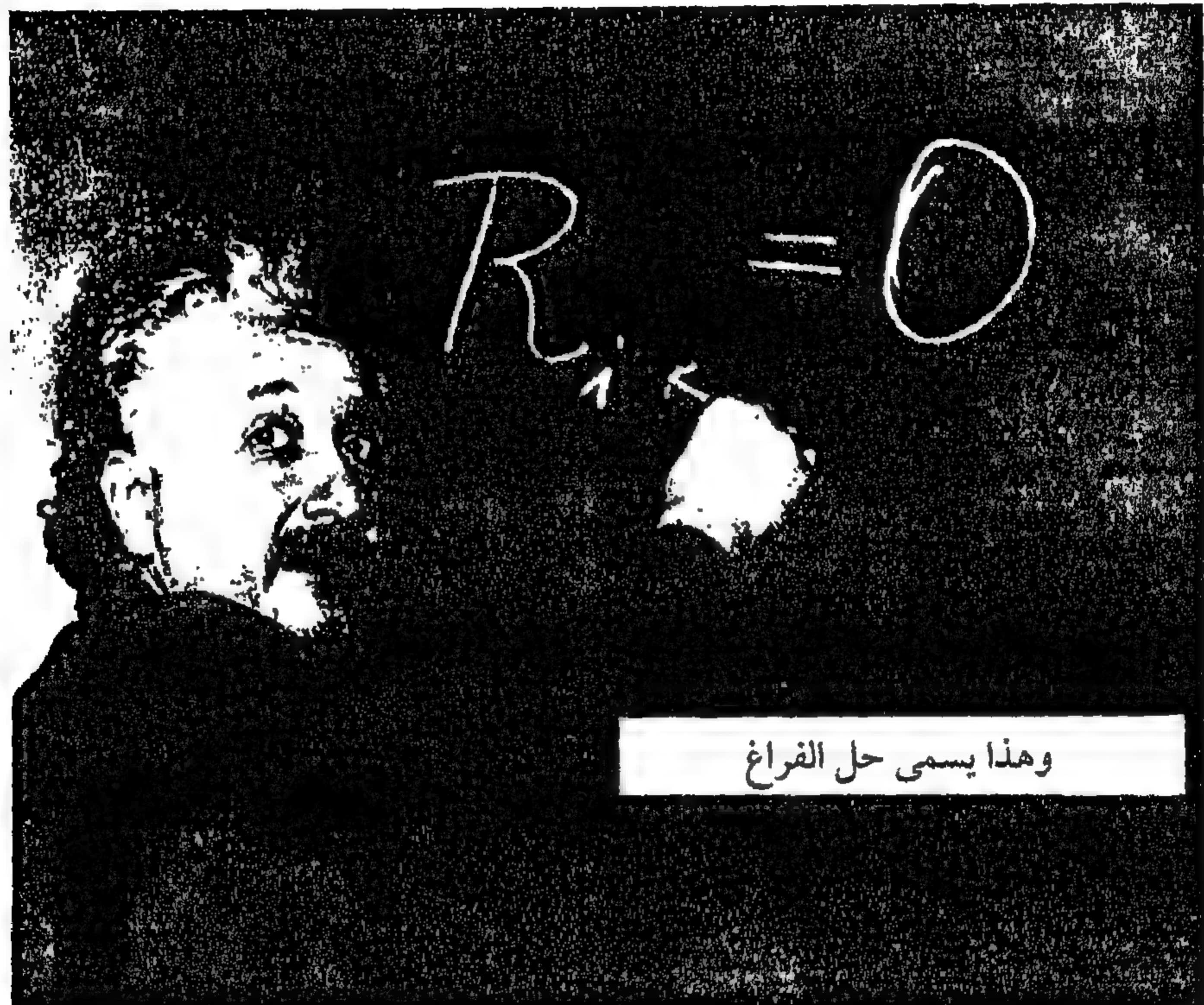
معادلات المجال : ماذا تعنى ؟

قام الأستاذ البالغ من العمر ٣٦ عاماً بوضع معادلات رياضية أعطت تفاصيل العلاقة بين انحناء الفضاء وتوزيع الكتلة فى الكون. وقد وجد أينشتاين أن المادة تخبر الفضاء كيف ينحني، ثم يقوم الفضاء بإخبار المادة كيف تتحرك - وهذه طريقة جديدة لوصف الجاذبية لا توجد قوى. ولكى يتمكن المرء من التحول بين هاتين الصورتين للجاذبية أن يقوم بقفزة عقلية.



وهذه المعادلات الخارقة تحتوى على تفسير انتقال الحضيض الشمسى لعطارد ودرجة انحناء ضوء النجوم ووجود موجات الجاذبية والمعلومات عن الزمكان ووصف تكوين النجوم النيوترونية والثقوب السوداء وحتى التنبؤ بتمدد الكون. هذه هى الأخبار الحسنة.

أما الأخبار السيئة فهي أن الرياضيات صعبة جداً، فهناك عشرون معادلة آنية بها عشر كميات مجهولة. وهذه المعادلات يستحيل حلها إلا في بعض المواقف، حيث تقوم اعتبارات التماثل أو الطاقة باختزال المعادلات في صور أبسط. وإذا تجاهلنا الثابت الكوني «لمدا» وأخذنا في اعتبارنا الفضاء الحر، حيث إن القوة الممتدة للكتلة تساوي صفراً يمكننا أن نكتب هذه المعادلات ببساطة شديدة ...

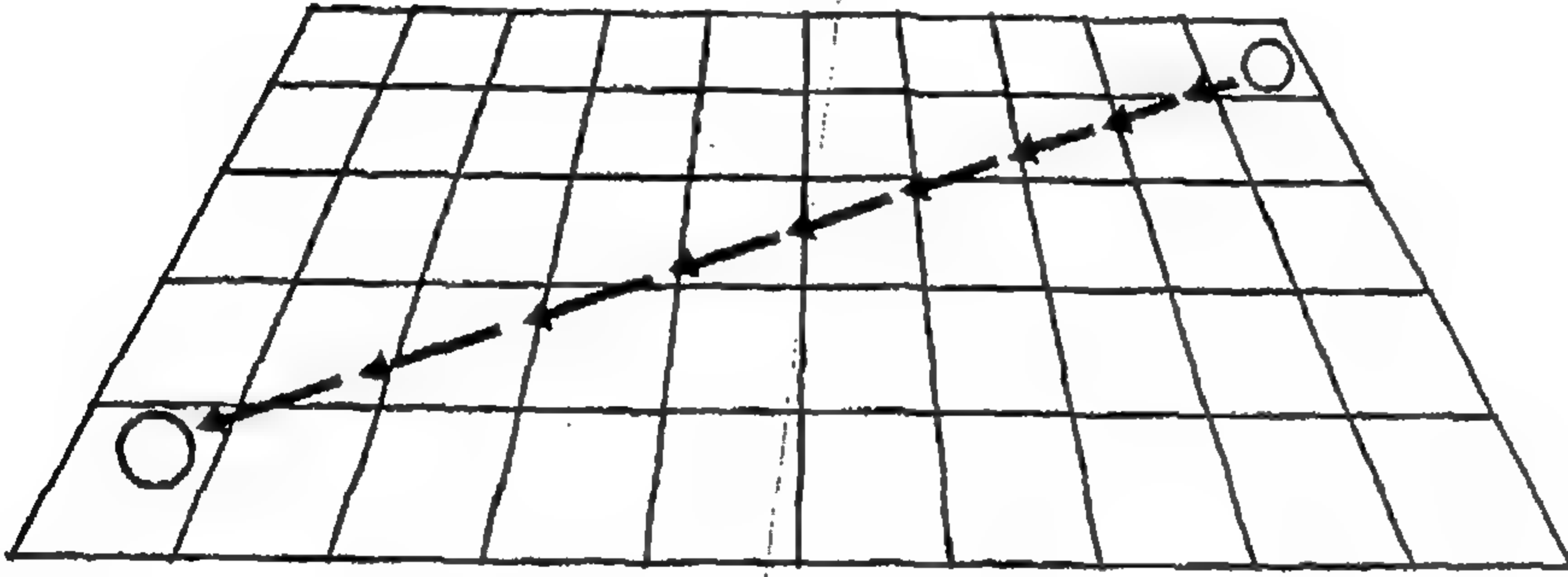


وهذه الصيغة أخذت شهرة واسعة عن طريق صورة شهيرة لأينشتاين أثناء إلقاءه محاضرة عن النظرية في العشرينيات من القرن العشرين، وهي تبدو سهلة!

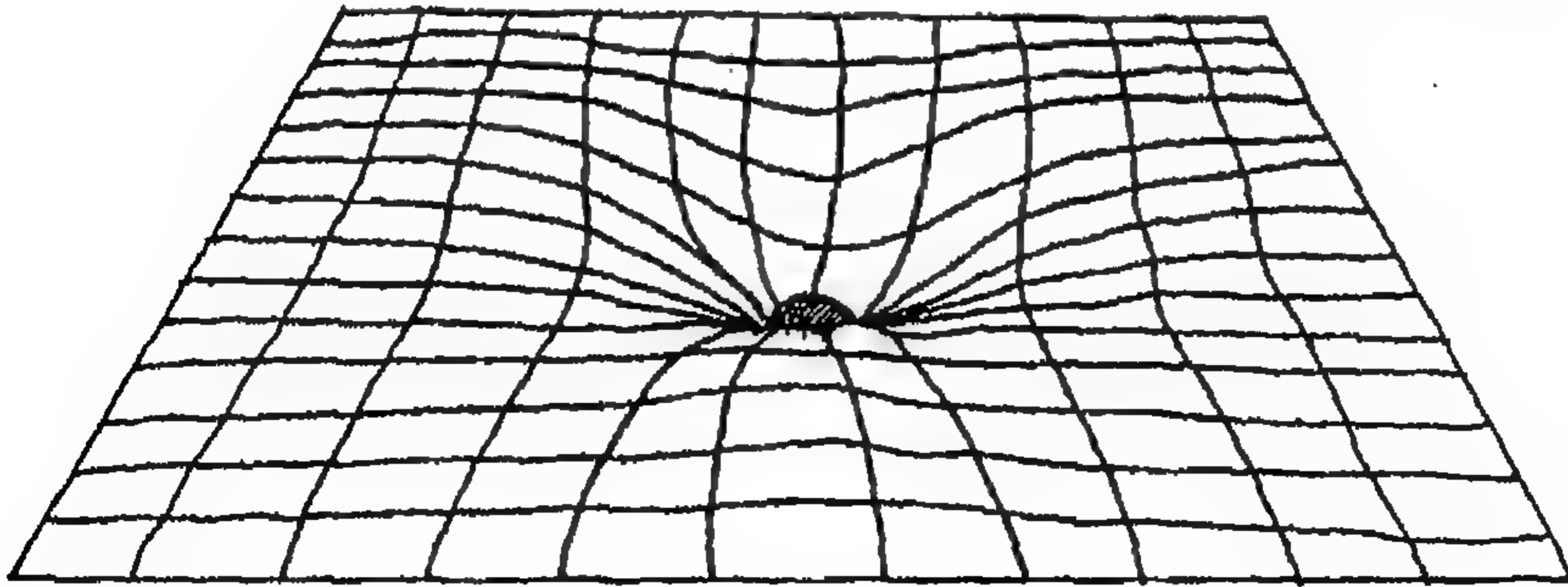
توضيح الفضاء المنحني : نموذج الرقيقة المطاطية

تعتبر نظرية الجاذبية التي وضعها أينشتين غير عادية تماماً عندما تتم مقارنتها بنظريات المجال الأخرى مثل الكهربائية أو المغناطيسية. حيث إن وصف الحركة (أى كيف يتحرك الجسم) موجود بالفعل فى معادلات المجال (كيف ينحني الزمان). ومن الممكن فهم ذلك من خلال نموذج بسيط يسمى الرقيقة المطاطية.

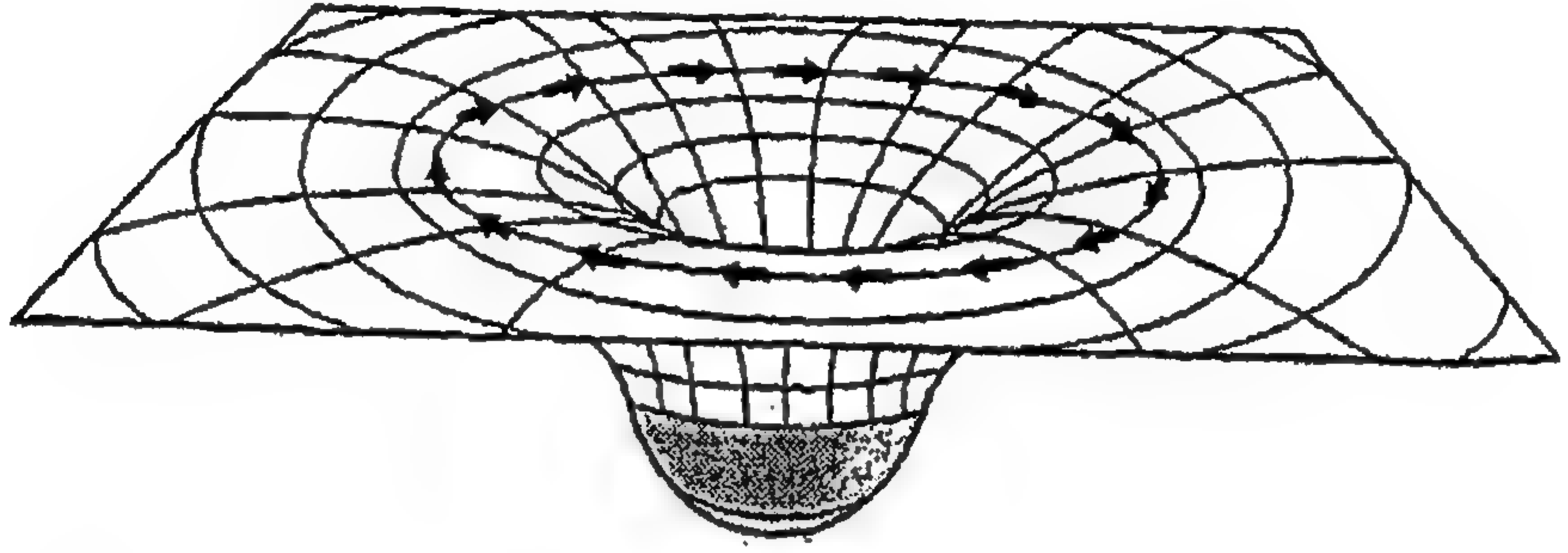
فإذا أخذنا فى اعتبارنا لوحة بلياردو تم فيها استبدال رقيقة مشدودة من المطاط القابلة للمشد بسطحها القرميدى وغطائها الكبارى. وإذا تدحرج جسم خفيف مثل كرة تنس الطاولة على هذه اللوحة فإنه يسير فى خط مستقيم نوعاً ما. وهذا يماثل الفضاء المستوى ومسار كرة تنس الطاولة يماثل الحركة فى خط مستقيم للنسبية الخاصة.



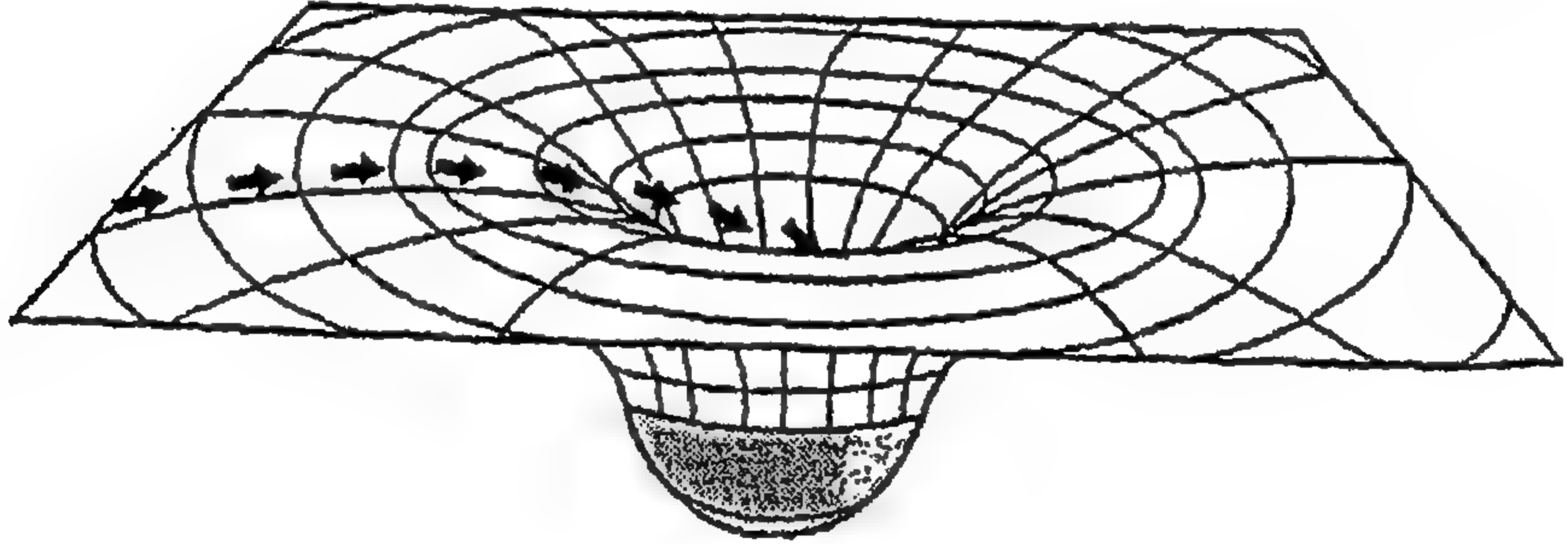
أما عند وضع كرة بلياردو ثقيلة عند مركز هذا اللوح فإنها تجعله ينحني مكوناً انخفاضاً عند مركزه. هذا النموذج الآن يحاكي انحناء الفضاء بالقرب من الكتلة المركزية الذى تصفه النسبية العامة.



وأبسط حالة من حالات الحركة (غير الخط المستقيم) هي عندما يجذب هذا الانخفاض الجسم المتحرك ليكون مداراً دائرياً، لاحظ أن هذا لا يحتاج إلى أى قوة مركزية جاذبة للحفاظ على الجسم في المدار، كما في صورة نيوتن. ويفضل الجسم دائماً الحركة في خط مستقيم ولكن انحناء الفضاء يجعله يتحرك في دائرة حول المركز. وهو ببساطة يتحرك في مسار أدنى مقاومة ممكنة في هذا الفضاء المنحني. وهذا هو تمثيل نظرية النسبية العامة لكيفية أسر كوكب ما في مدار حول الشمس.

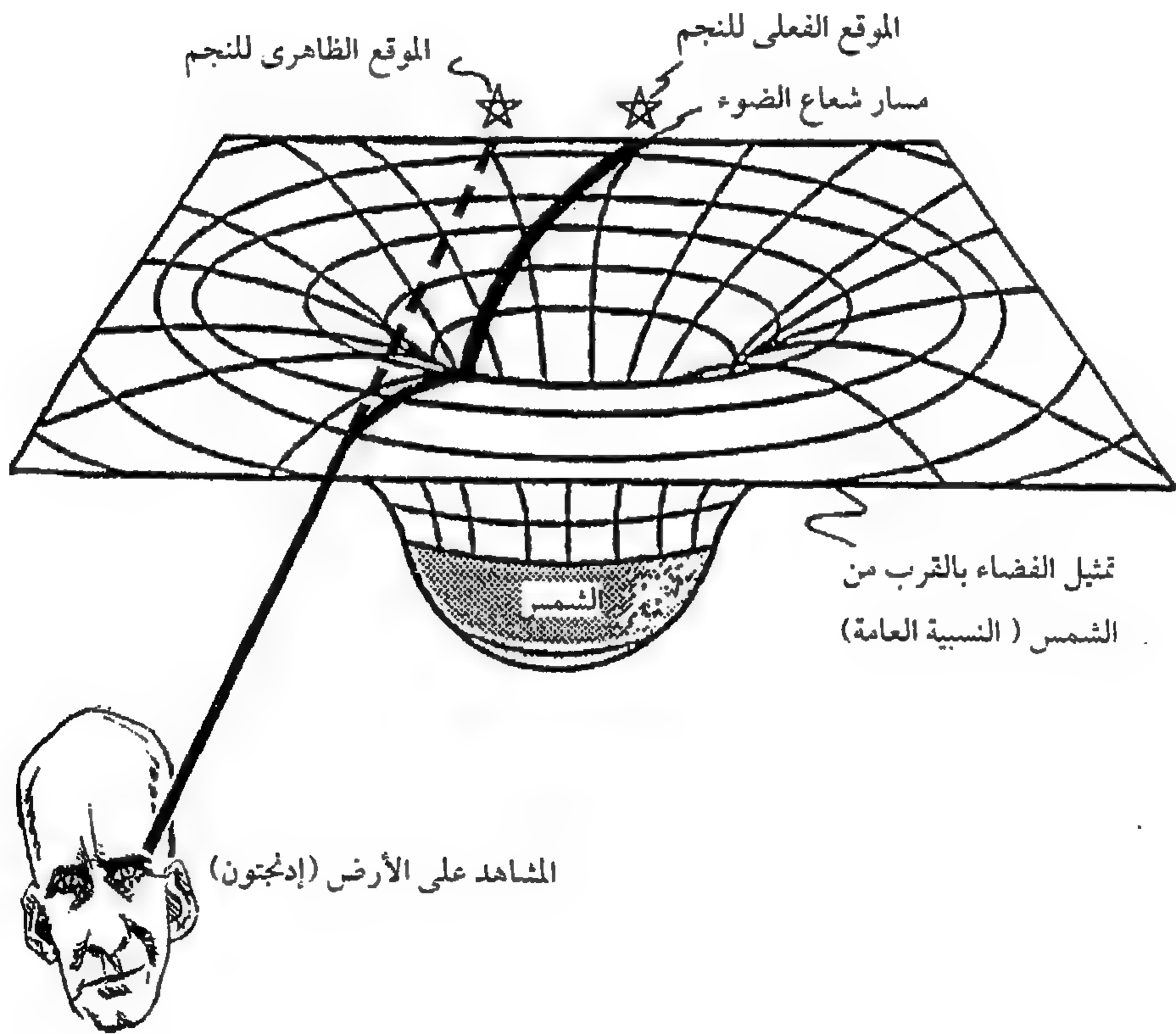


أما إذا كان الجسم يتحرك في خط مستقيم باتجاه المركز مباشرة، في الانخفاض ويتسارع نحو المركز الجاذب، وهذا هو تمثيل تصادم النيازك مع الشمس أو الأرض.



بمساعدة هذه الأشكال من الممكن تصور الاختلاف السام والواضح بين نيوتن وأينشتين، فقد قام أينشتين باستبدال الفضاء المنحني بقوة الجاذبية عند نيوتن. وعندما تم نشر هذه النظرية قوبلت بكثير من الشكوك فلم يرغب العديد من العلماء في التخلي عن مخطط نيوتن. وكان هؤلاء المتشككون في حاجة إلى مزيد من الأدلة.

كان من المتوقع أن يحدث كسوف كلي للشمس في ٢٩ مايو ١٩١٩، في وسط مجال ساطع من النجوم في حشد القلاص Hyades النجمي. وكانت هذه شروط مثلى غير عادية لمثل هذه التجربة. وقد قاد عالم الفلك الإنجليزي آرثر ستانلى إدنجتون (١٨٨٢ - ١٩٤٤) بعثة إلى جزيرة «برينسيب» بالقرب من سواحل أفريقيا لتصوير هذا الكسوف. وقد وجد إدنجتون أن أشعة الضوء التي تركت سطح النجم قبل آلاف السنوات وثناها الفضاء المنحني قرب الشمس قبل ثمان دقائق مرت عبر عدساته وتعرضت للألواح الفوتوغرافية في النقطة التي تحدث عنها أينشتين بالضبط. الآن اكتملت واحدة من أبرز التجارب في تاريخ العلم.



وقد جعل رسم الرقطة المطاطية ثنائية الأبعاد لإزاحة النجم هذا التفسير أكثر بساطة.

تم عرض نتائج بعثة الكسوف بواسطة عالم الفلك فى الجمعية الملكية فى ٦ نوفمبر ١٩١٩ ، وأصبح أينشتاين فجأة بطلاً دولياً. وقد أوحى منشورات جريدة نيويورك تايمز أن هناك كوناً جديداً قد تم اكتشافه ... وفى هذه المرة لم يكن تعليق الجريدة مبالغاً فيه.

وقد لازم الإرهاق من الحرب هذا العالم الشاذ الذى جلس فى مكتبه ببرلين مع قلمه ولفافة ورق يتأمل التخطيط العظيم الذى وضعه الله لهذا الكون بأكمله.




فى الحقيقة تم تجاهل كل هذه النتائج أو ازدرأوها عند نشرها وخاصة من مبتكرها نفسه، ألبرت أينشتاين.

أول هذه الحلول ظهر فى الحال.



قال الكثير من النقاد إن النتائج غير حاسمة وخاصة، واحتمالية الخطأ في قياسات
النجم كبيرة جدا ... لذلك استمرت الشكوك.

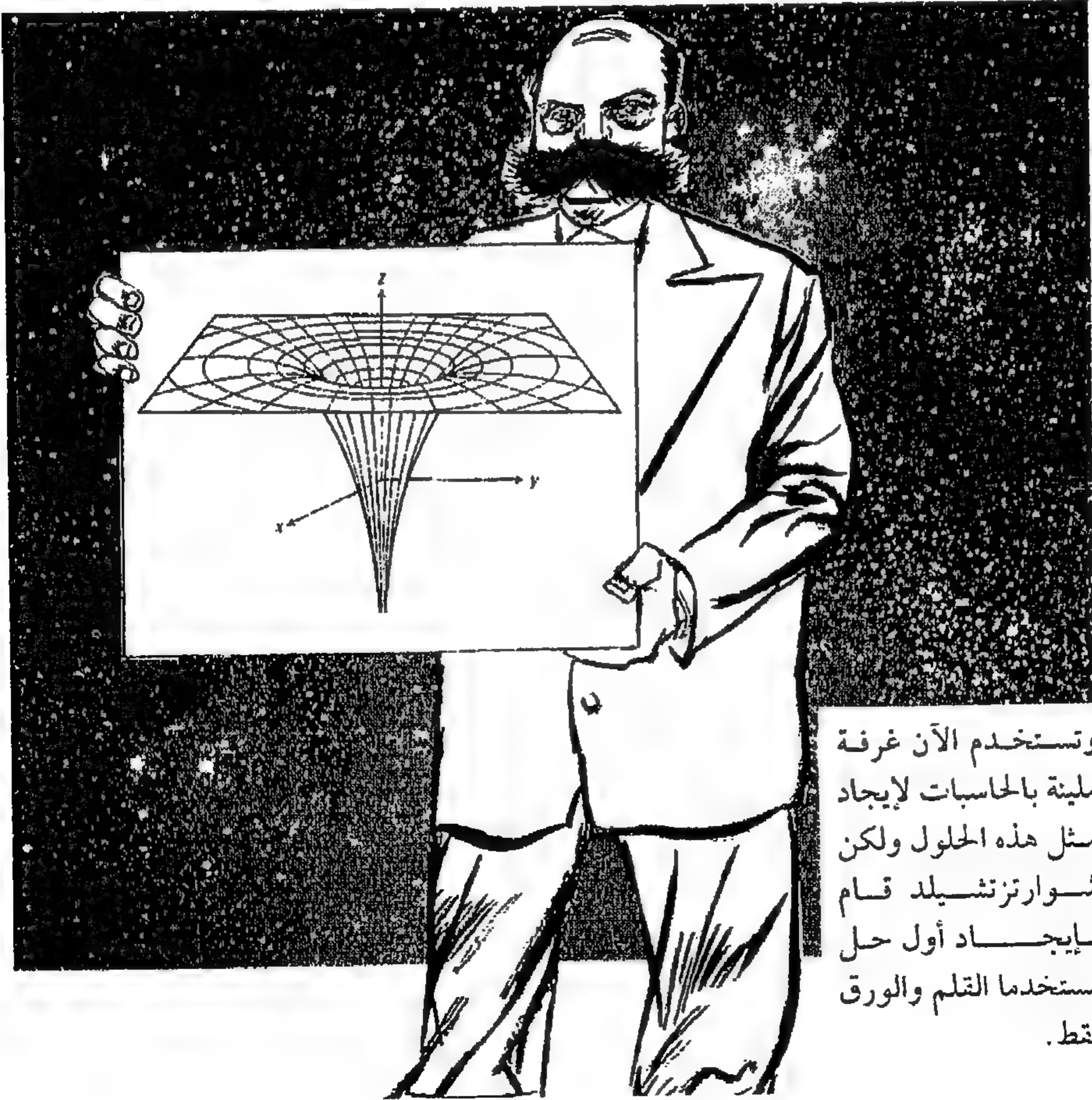
حل معادلات أينشتاين : نقطة البداية لأبحاث هوكنج

لقد ظهرت العديد من الحلول لمعادلات المجال التي وضعها أينشتاين في  سنة ٢٥ ما بين نشر نظرية النسبية العامة لأينشتاين واندلاع الحرب العالمية الثانية. وهذه
الحلول كانت أساسيات أبحاث هوكنج.



(١) هندسة شوارتز تشيلد

فى عام ١٩١٥ وهو نفس العام الذي نشر فيه أينشتين بحثه، أرسل عالم الرياضيات كارل شوارتز تشيلد بحثاً إلى أينشتين، وقام فيه باستخدام تحليل رياضى بارع لإيجاد حل دقيق لمعادلات أينشتين عن أى جسم كروى اعتباطى مثل النجم. وحير مثل هذا الحل أينشتين، وذلك لأنه هو ذاته استطاع فقط إيجاد حل تقريبي لمعادلاته، واعتقد أن مثل هذا الحل الدقيق لا يمكن وجوده أبداً. وقد كان حل شوارتز تشيلد إنجازاً كبيراً وذلك بسبب البراعة الفنية المطلوبة لحل عشر معادلات تحتوى على عشرين كمية، وينتج عنها المئات من الحدود. ولم تكن هذه المعادلات معادلات جبرية بسيطة ولكنها معادلات تفاضلية جزئية غير خطية ثانوية، وهى كلها عبارة عن هلاك بالنسبة لكل طلاب الفيزياء.



نصف القطر الحرج

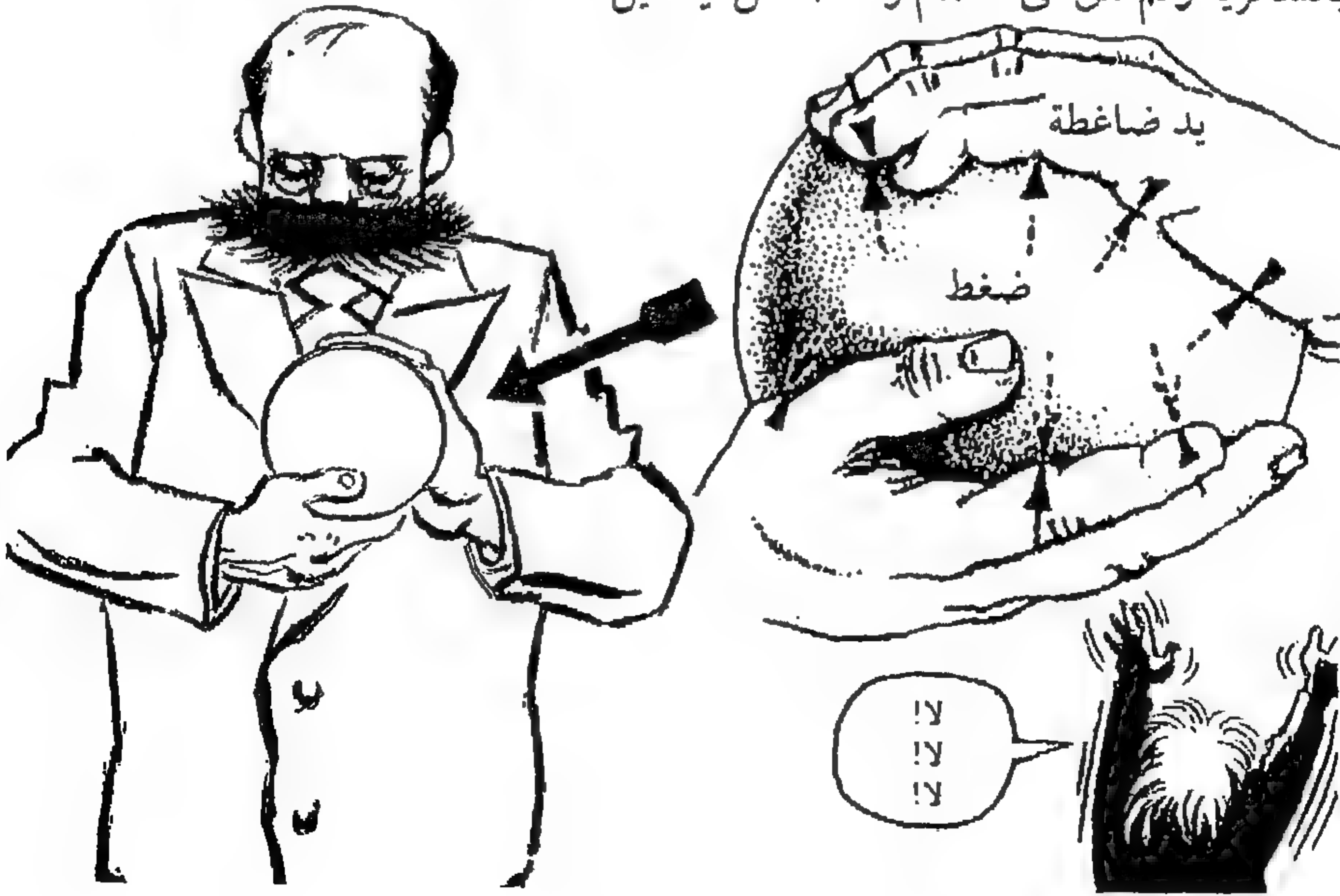
أوضحت رياضيات شوارتزشيلد كيفية تغير انحناء الفضاء حول أى جسم له أى كتلة ما تنوعت نتيجة للمسافة من مركزها (أى على امتداد نصف قطره). وقد أدت نتائجه إلى ظهور نوع غريب جداً من الهندسة. وكان يبدو أن هناك نقطة حرجية يكون الانحناء قوياً جداً لدرجة أن المادة لا تستطيع أن تهرب منه. وتعرف هذه النقطة الآن باسم نصف قطر شوارتزشيلد وتعتمد فقط على كتلة الجسم وتعطى على الصورة :

$$\text{نق} = \frac{2 \text{ ج ك}}{\text{س}^2} \quad (\text{نصف قطر شوارتزشيلد})$$

(حيث ج هو ثابت الجاذبية، س هي سرعة الضوء)

ولم تلقَ هذه النقطة الحرجية اهتماماً مباشراً فى ذلك الوقت، حيث إنه لم يكن هناك طريقة لتصوير ما بداخل النجوم والكواكب. ولكن كانت هناك توقعات لما يمكن حدوثه إذا وجد كوكب أو نجم يحقق هذه المعادلة. عند هذه اللحظة ستكون قوى الجذب كبيرة جداً لدرجة أنها ستؤدى إلى انهيار هذا الجسم بدون توقف، ولن يكون هناك شىء قادر على مقاومة الجاذبية الذاتية الناتجة عن الانحناء القوى فى الفضاء. وهذا يعنى أن كل المادة ستضغط فى نقطة تفرد - أى نقطة واحدة عند المركز.

عند هذه النقطة سيكون حجم كوكب مثل الأرض مساوياً لحجم حبة البازلاء أو حجم نجم مثل الشمس سيكون عبارة عن كرة قطرها ٣ كم فقط. وقد قوبلت هذه الحسابات بالسخرية ولم تلقَ أى اهتمام وخاصة من أينشتين.



(٢) فريدمان : الكون المتمدد

وبعد مرور العديد من السنوات بعد شوارتزشيلد ظهر حل آخر مشير للجدل لمعادلات أينشتاين. ففي عام ١٩٢٢ وضع الروسي ألكسندر فريدمان فرضاً تبسيطياً بأن الكون مملوء بانتظام بطبقة رقيقة من المادة. (وقد وضحت القياسات الحديثة صحة هذا الفرض بغض النظر عن تكون النجوم والمجرات).

وجد فريدمان أن النسبية العامة تنبأت بعدم اتزان الكون، وأن أى مقدار صغير من التشويش يجعل الكون يتمدد أو ينكمش.

وقد قام بتصحيح خطأ فى بحث أينشتاين لعام ١٩١٧ عن علم الكونيات ليصل إلى هذه النتيجة. (وبالطبع لم يعجب أينشتاين بهذا التنبؤ).

تذكر أن أينشتاين أدخل حداً صناعياً (لمبدأ الثابت الكونى) فى معادلات المجال عنده «ليوقف التمدد». وقد أخبره علماء الفلك فى ذلك الوقت أن الكون مستقر، لذلك فقد وضع هذا الثابت لجعل النظرية متلائمة مع الواقع. بعد ذلك وصف أينشتاين هذا الثابت الكونى بأنه أكبر خطأ فى حياته.

أسقط فريدمان هذا الثابت من المعادلات ليحصل على كون متمدد ولم يعجب به أينشتاين بالطبع. وكان هذا حلاً آخر لمعادلاته قابله بسخرية.



ويمكن تلخيص تنبؤات فريدمان عن تمدد الكون إذا أخذنا في اعتبارنا ثلاث قيم مختلفة لكتلة الكون بدلالة نسبة Ω (أوميغا).

- كثافة كتلة الكون أكبر من القيمة الحرجة ،

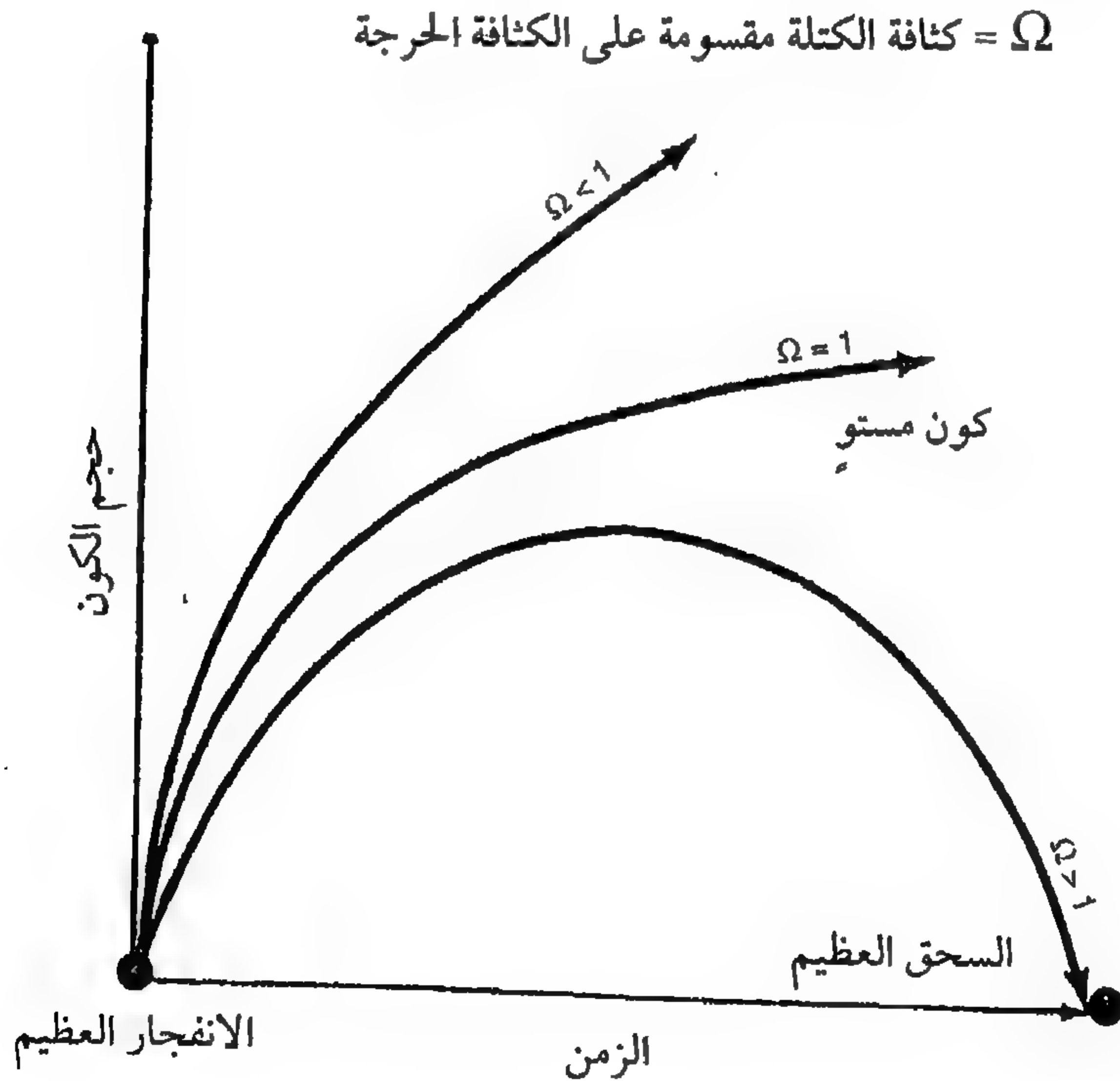
في هذه الحالة يكون معدل التمدد بطيئاً بدرجة كافية، وكذلك تكون الكتلة كبيرة بدرجة كافية لإيقاف التمدد وعكسه. في النهاية سيحدث سحق عظيم للكون حيث ستجذب كل المادة في الكون إلى نقطة واحدة $\Omega > 1$.

- كثافة كتلة الكون أقل من القيمة الحرجة ،

سيكون معدل تمدد الكون أكبر بكثير ولن تستطيع الجاذبية إيقافه ولكنها تقوم بتقليل معدل التمدد إلى حد ما. $\Omega < 1$.

- كثافة كتلة الكون مساوية القيمة الحرجة ،

في هذه الحالة يتمدد الكون بمعدل سريع بدرجة كافية لعدم انهياره. حيث تتناقص السرعة التي تبتعد بها المجرات عن بعضها تدريجياً ولكن المجرات تبتعد دوماً عن بعضها البعض هذا الابتعاد $\Omega = 1$.



مؤسس الانفجار العظيم : هدف "لومتر" الأولى

كان عالم الكونيات البلجيكي القس جورج لومتر (١٨٩٤ - ١٩٦٦) أول من استخدم الحلول التي وجدها فريدمان لوضع صيغة لنموذج بداية الكون، أسماه الذرة الأولية أو البيضة الكونية.



وقد كان لومتر خيالياً حيث إنه سبق غيره في نقطتين ، الأولى هي أنه يمكن التحقق من تمدد الكون بالنظر في انحرافات الخطوط الحمراء في أطيف المجرات. أما الثانية فهي اقتراحه بأنه من الممكن اكتشاف الإشعاع المتبقى من الذرة الأولية. وتسود هاتان الفكرتان علم كون الانفجار العظيم المعاصر في آخر عقد من القرن العشرين.

وبحلول عام ١٩٢٩ قام عالم الفلك إدوين هابل (١٨٨٩ - ١٩٥٣) باستخدام تلسكوب هوكر في مرصد قمة ويلسون الذي يبلغ قطره ١١٠ بوصة.

إذا لم تكن آراؤهم
صحيحة، فأراي أنا
صحيحة !

في كاليفورنيا لاكتشاف المجرات، وتأكد حقيقة أن الكون يتمدد. ولم يكن يعرف شيئاً عن نظرية أينشتاين أو علم الكونيات الذي وضعه لومتر.

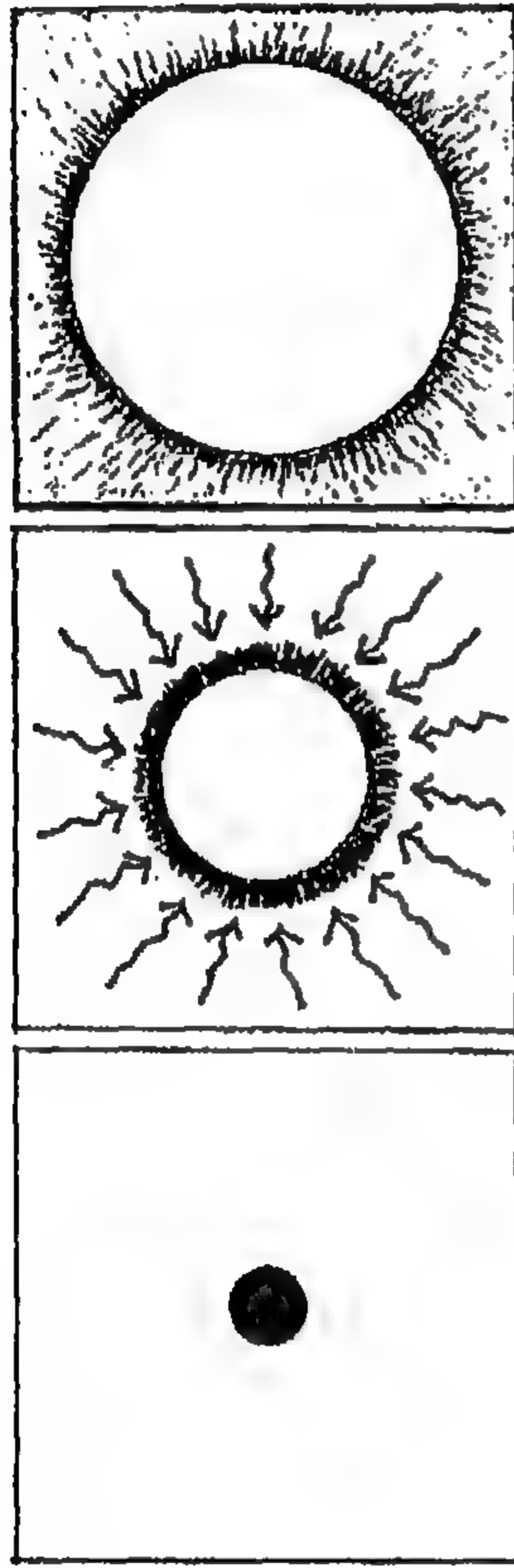


وأخيراً فى عام ١٩٣١ ضيق لومستر الخناق على هابل وأينشتاين فى كالتش وألقى
حلقة بحشية عن كونه النموذجى.



(٣) أوبنهايمر : فى انهيار الجاذبية المستمرة

تم نشر الحل الثالث لمعادلات أينشتين (وهو مهم بالنسبة لعلوم الكون الحديثة وستيفن هوكينج على وجه الخصوص) بواسطة عالم الفيزياء الأمريكى روبرت أوبنهايمر (١٩٠٤-١٩٦٧) وأحد تلاميذه هارتلاند سنايدر فى عام ١٩٣٩ . وقد قاما بدراسة مسألة هندسة شوارتزشيلد بغض النظر عن نقد أينشتين وإدنجتون والعلماء الآخرين. وكان البحث المنشور فى مجلة Physical Review بعنوان «عن انهيار الجاذبية المستمرة».



نموذج أوبنهايمر / سنايدر

النجم الثقيل يستنفد
الوقود النووى ...

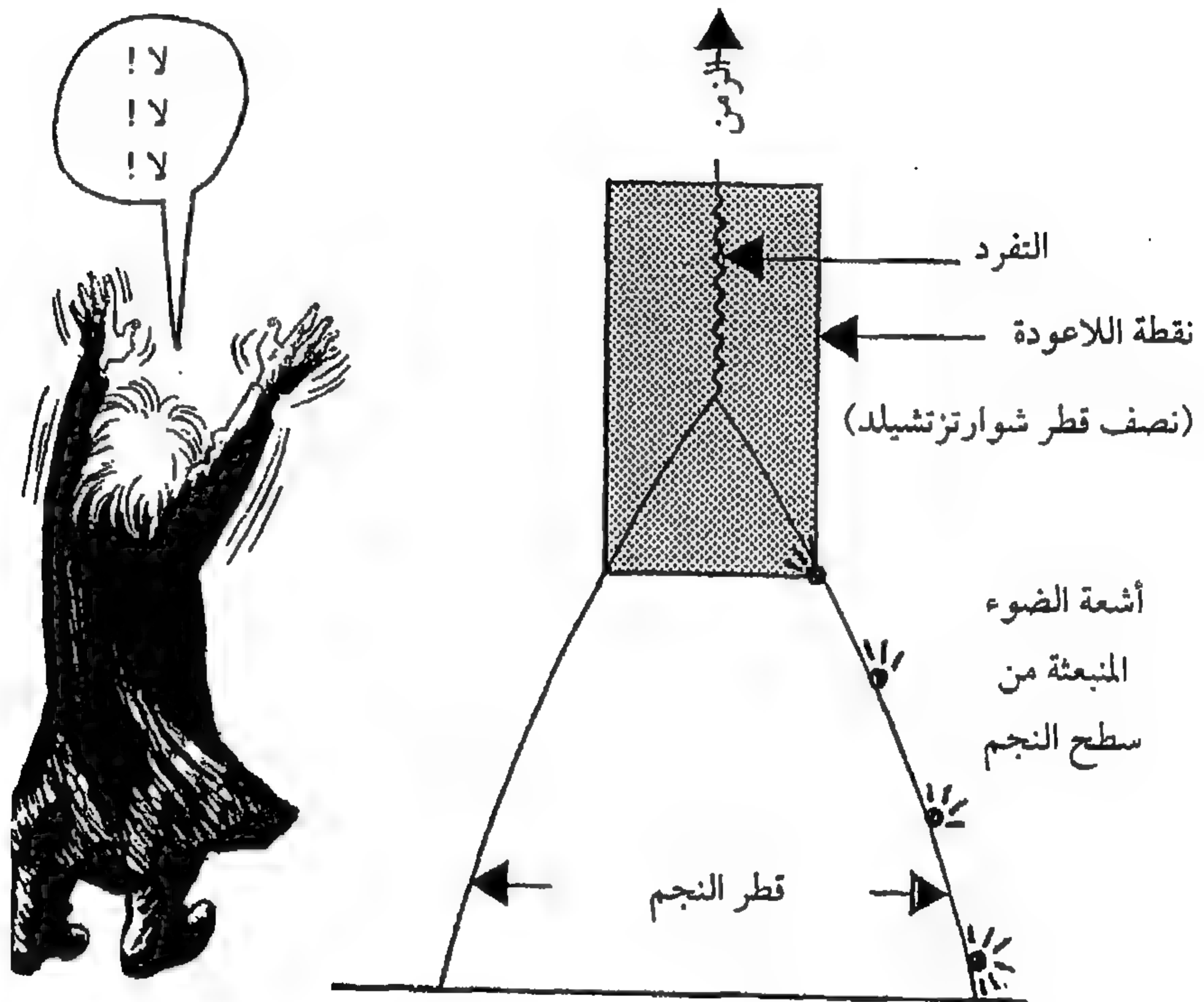
... يتقلص النجم
إلى نصف قطر
حرج

ثم يستقطع نفسه
عن بقية الكون.



ربما تحترق النجوم فى النهاية تبدأ فى الانهيار بفعل الانكماش الناتج عن الجاذبية. وفى نموذج النجم الكروى المنكمش من الممكن أن تحدث ظاهرة الانضغاط، والتى يمكنها أن تجلب النجم إلى نصف القطر الحرج R_c . سيحدث انهيار جاذبية مدمر للنجم المنهار عند نصف القطر الحرج.

- سيكون انحناء الفضاء حاداً جداً لدرجة أن أشعة الضوء المنبعثة من سطح النجم ستنتهي إلى داخل النجم حاجبة بذلك كل الأحداث عن المشاهد الخارجى.
- سيتم إزاحة أشعة الضوء عند سطح النجم نحو الأحمر بطريقة لا نهائية ، وهذا يعنى أن الضوء لا يحمل أى طاقة.
- سيتشابه أفق حدث أحادى الاتجاه حيث تدخل الجسيمات، الإشعاع، إلخ فى النجم، لكن لا يمكن انبعاث أى شىء.
- سيكون تفرد زمكان فى النهاية عند مركز النجم، لا عند نصف القطر الخارج. وفى هذه الحالة تكون كل ظواهر الفيزياء متحققة بالنسبة لمشاهد يسقط مع سطح النجم المنهار.



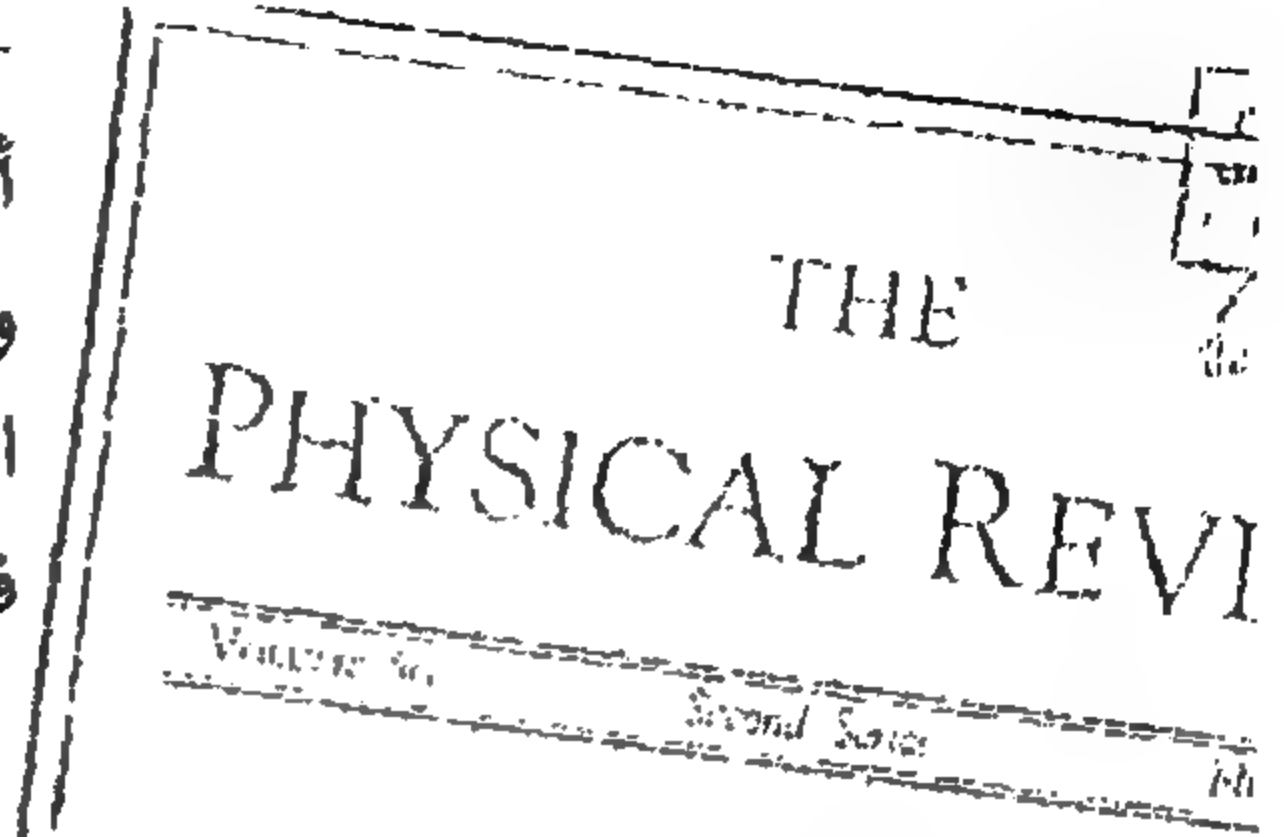
ومرة أخرى قاوم أينشتاين الفكرة، وقد سخر من نتائج أوبنهايمر بشدة. وفى الصحافة رفض حتى فكرة أن النسبية يمكن أن تقوم بوصف النجوم المنهارة، والتي لم تصل إلى النقطة الحرجة (وهى تسمى بـ النجوم النيوترونية) بالرغم من التنبؤات المستقلة قام بافرتس التي وجدها فريتز زويكى (١٨٩٨-١٩٧٤) فى «كالتش» وليف لاندو (١٩٠٨-١٩٦٨) فى موسكو.

١ سبتمبر ١٩٣٩

- تاريخ نشر عدد مجلة Physical Review الذي يحتوى على مقالة لأوينهايمر (وسايدر) تصف انهيار الجاذبية للنجم.



- فى نفس العدد كانت هناك مقالة أخرى لنيل بور (١٨٨٥ - ١٩٦٢) وجون ويلر (ولد ١٩١١) تفسير آلية الانشطار النووي (التفاعل المستخدم فى القنبلة الذرية).



PHYSICAL REVIEW
VOLUME 50
DECEMBER 1, 1939
عن تقلم الجاذبية المستمر
J. R. OPPENHEIMER and H. SNYDER
University of California, Berkeley, California
(Received July 10, 1939)
When all thermonuclear material in a star is exhausted, a sufficiently heavy star will collapse. Unless this star is rotating, the collapse will continue until the star's mass is reduced to the order of 10^{-5} of its original mass. In the present paper we discuss the mechanism of this collapse.

PHYSICAL REVIEW
VOLUME 50
DECEMBER 1, 1939
آلية الانشطار النووي
NIELS BOHR
University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark, and The Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey
AND
JOHN ARCHIBALD WHEELER
Princeton University, Princeton, New Jersey
(Received June 25, 1939)
On the basis of the liquid drop model of atomic nuclei, an account is given of the mechanism of nuclear fission. In particular, conclusions are drawn regarding the variation of fission cross section for a given nucleus as a function of the energy of the incident neutrons. A detailed description of the observation is presented on the basis of the theoretical considerations. The various experiments are put together in a reasonable way to give a satisfactory picture of nuclear fission.

فى نفس الوقت قامت قوات
هتلر بغزو بولندا بادئةً
بذلك الحرب العالمية
الثانية.



عندما اكتشف الألمان أوتو هان (١٨٧٩-١٩٦٨) وفريتس ستراسمان (المولود ١٩٠٢) الانشطار النووي حذر الفيزيائيون والسياسيون في الغرب بأن الألمان على وشك إنتاج قنبلة ذرية يحولون بها العالم إلى امبراطورية نازية، أى دولة ألمانية ثالثة تحكم بالتهديد بالتدمير النووي. وهكذا من السهل أن نعرف سبب تأجيل علم الكونيات. فالتأمل فى أسرار الكون الفيزيائى فى مثل هذه الأزمة السياسية الحادة كان بمثابة ترف لا يقدر عليه العالم الحر.



هذا بالإضافة إلى أن مؤسس النظرية العامة رفض كل التنبؤات الجذرية لعلم الكونيات المبنية على معادلاته والتي قدمها شوارتز شيلد وفريدمان وأوبنهايمر . وقد انقضى بعد ذلك عشرون عاماً حتى يتم استئناف هذا العمل وتقدير آثار هذه الحلول.

١٩٤٢ ... نقطة تحول فى هذه القصة

فى عام ١٩٤٢ بدأ علماء الفيزياء يركزون على مشروعات علمية إلى حد بعيد. رحل أوبنهايمر وهو من أبطال البحث السابق فى علم الكون عن المناخ العلمى الرائد فى بيركلى إلى الشقق الخالية فى لوس ألاموس ومشروع مانهاتن. وقد توصل الإيطالى إنريكو فرمى (١٩٠١-١٩٥٤) وفريقه البحثى فى جامعة شيكاغو إلى أول تفاعل نووى متسلسل تحت التحكم فى ديسمبر عام ١٩٤٢. وفى بداية نفس العام فى ٨ يناير ولد ستيفن ولير هوكنج فى أوكسفورد. وكانت والدته قد رحلت لتوها عن لندن لتجنب الغارات الليلية للقوات الجوية الألمانية.



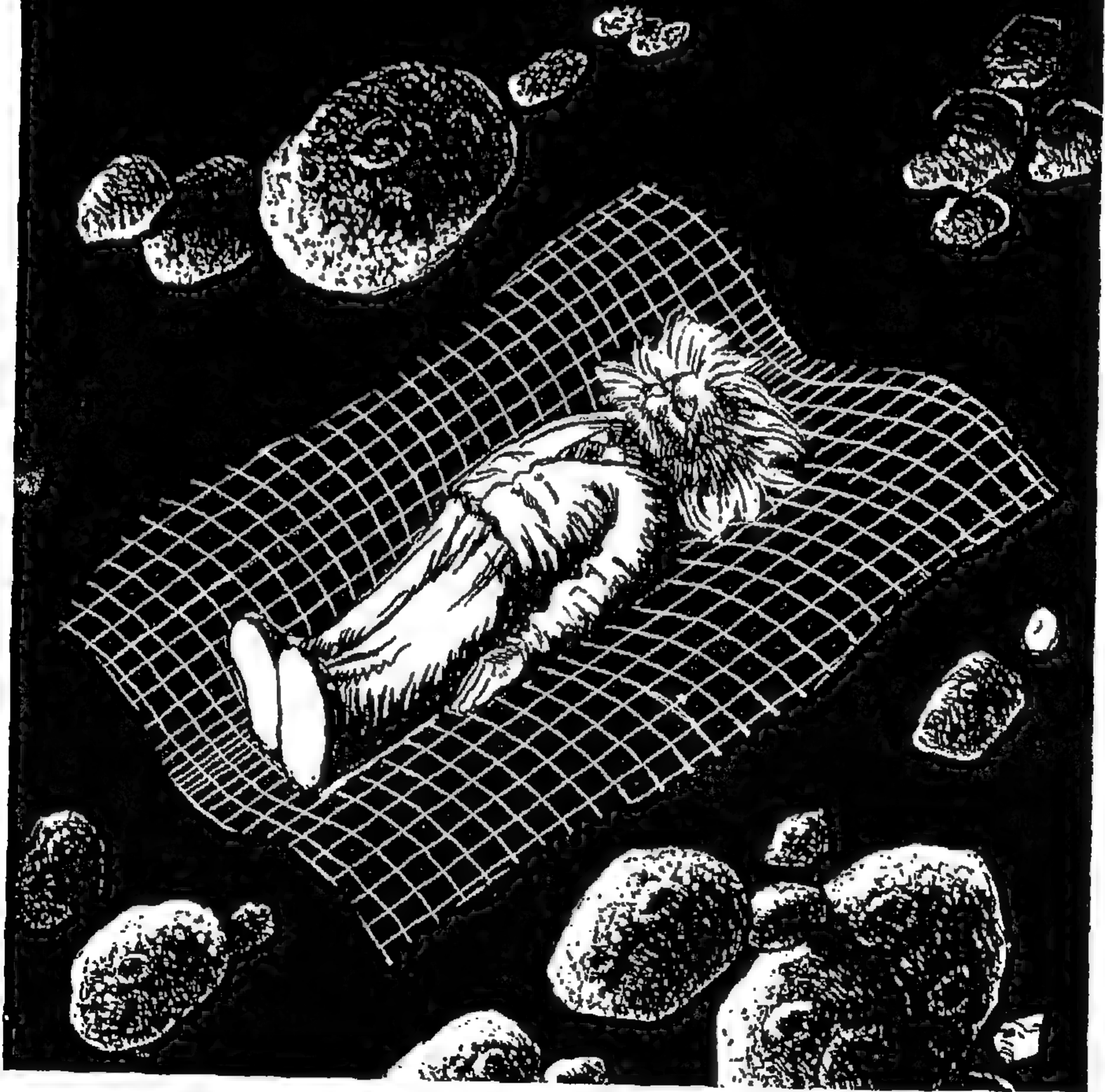
وقد تم التوقف عن البحث فى النجوم المنهارة لمدة عشرين عاما، وكانت تلك الفترة كافية ليكبر فيها هوكنج إلى سن النضج ويكمل دراسته فى أوكسفورد ويقوم بالتسجيل فى الدراسات العليا فى جامعة كمبردج.

وفاة أينشتاين

توفي ألبرت أينشتاين في ١٨ أبريل ١٩٥٥ في برنستون (مدينة صغيرة في ولاية نيو جيرسي في الولايات المتحدة الأمريكية). وقد أوصى أن يحرق جسده لكي «لا يتعبد أحد على عظامي» بالرغم من وصيته قام بعض الأطباء عديمو الأخلاق بإجراء تشريح غير ضروري لجثته واستأصلوا عينيه ومخه في جريمة غادرة للتعدي على حرمة جسده.

وقد ترك أينشتاين أوروبا ورحل إلى أمريكا في عام ١٩٣٣ بكل أعماله الإبداعية الحقيقية. وفي خلال آخر ٢٢ عاماً من حياته لم يبق بالبحث في أي من الأسئلة الكونية المهمة التي نتجت عن نسبيته العامة. وعكف لعدة سنوات على محاولة توحيد معادلات المجال للنسبية العامة مع معادلات ماكسويل للمجال الكهرومغناطيسي متجاهلاً ميكانيكا الكم.

ووجد حسابات نظرية المجال الموحد بجانب سريره.

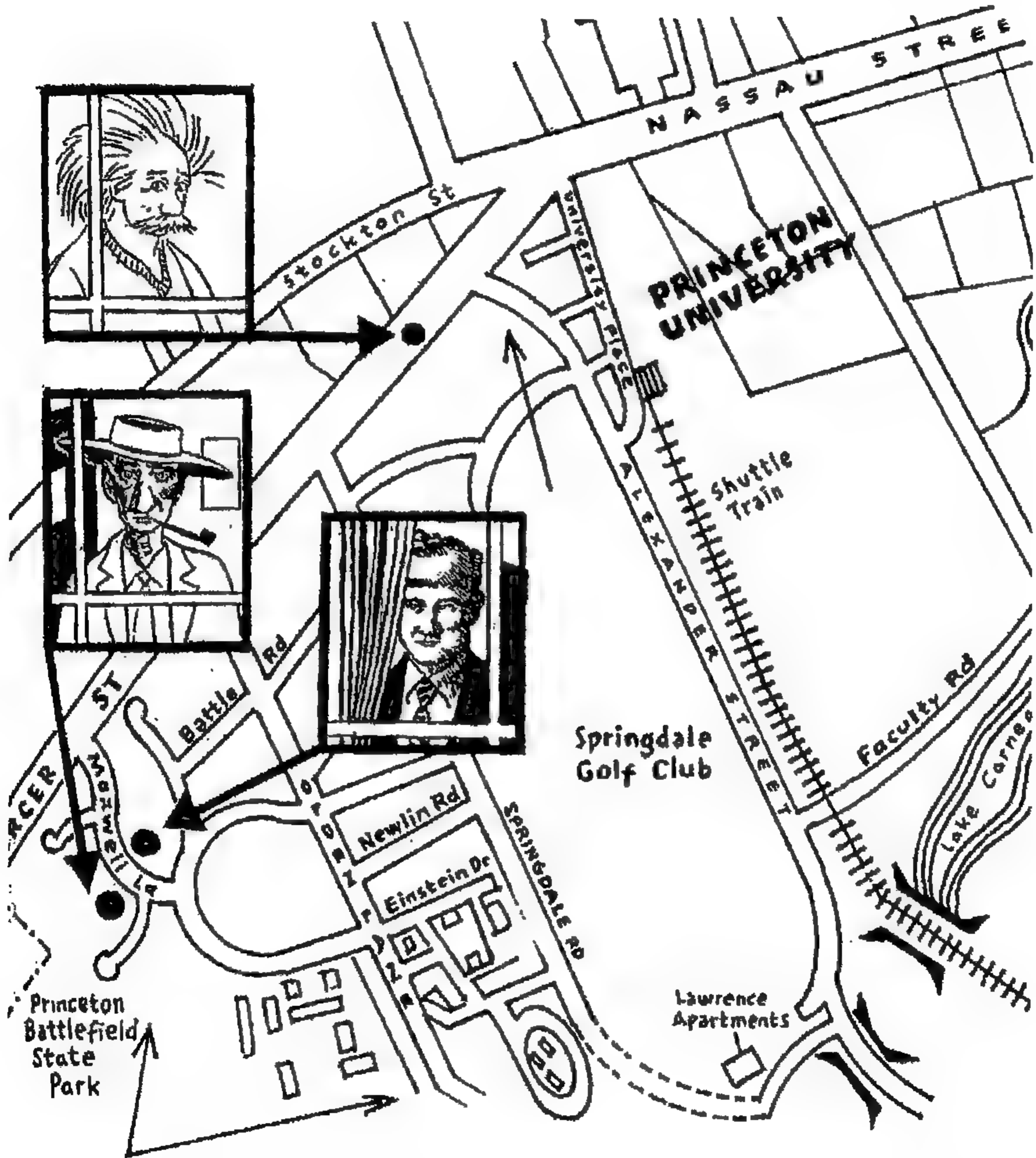




نعى موت هذا العالم الجليل عالما فيزياء آخران كانا يعيشان فى برنستون الأول أوبنهايمر الذى لم يعد مشغولاً بالحرب، وكان يشغل منصب مدير معهد الدراسات المتقدمة (حيث كان أينشتاين يشغل منصباً شرفياً). والثانى جون ويلر أستاذ الفيزياء فى جامعة برنستون. وكان ويلر قد أنهى لتوه سنوات حرجة فى دراسة القنبلة الهيدروجينية ، وعاد فى هذه الفترة إلى البحث الأساسى فى علم الكونيات باهتمام خاص بالنجوم المنهارة.

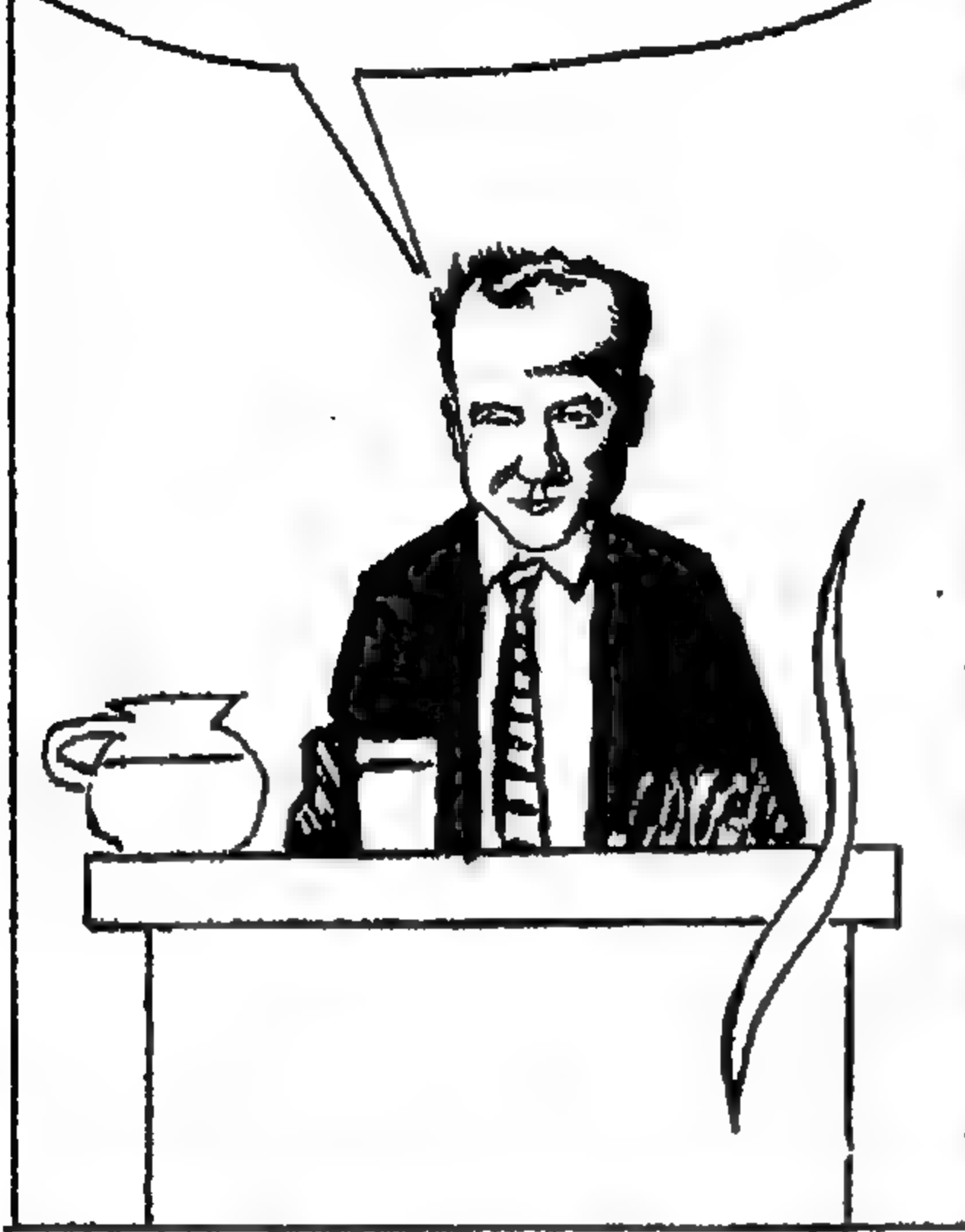


ما أجمل أن يعيش هذان العالمان على جانبي نفس الشارع في هذا الحي الأكاديمي الصغير، وقد كان لهما وجهات نظر مختلفة عن الكون، وكذلك عن الحياة السياسية الأمريكية وضعتهما على طرفي النقيض في القضايا الخلافية. مثل الأمن القومي والأسلحة النووية. وفي الحال سيواجه كل منهما الآخر مرة ثانية في قضية النسبية العامة والنجوم المنهارة بالجاذبية.



وفي عام ١٩٥٨ بعد ثلاثة أعوام من وفاة أينشتاين غادر كل منهما برنستون لحضور مؤتمر دولي في بروسليز عن علم الكونيات الحديث. وقد دعى ويلر ليلقي محاضرة تستعرض الحالة الحالية للبحث.

من بين كل متضمنات النسبية العامة تعتبر قضية مصدر النجوم الهائلة الأكثر تحدياً. ولكن الانفجارات نحو الداخل التي قام بحسابها أوبنهايمر لا تقدم إجابة مقبولة.



لم لا ؟ إذا كانت النجوم الأثقل بكثير من الشمس تحدث في التطور النجمي، فأنا أعتقد أن انهيارها يمكن وصفه في ضوء النسبية العامة.



ألا يمكننا أن نقدم فرضاً بسيطاً ونقول إن مثل هذه الكتل تعاني بانكماش بالجاذبية متواصل تستقطع نفسها في النهاية من باقى الكون؟





بعد سنوات قلائل قام إدوارد تلر بإجراء مكالمة تليفونية مع ويلر من معامل إشعاع ليفرمور في كاليفورنيا.



وبعد مرور خمسة أعوام قام ويلر بإلقاء محاضرة في لقاء خاص في دالاس عن اكتشاف (أشباح النجوم) quasars. أوضحت محاكاة الحاسب أن انهيار النجوم المحترقة يشابه تماماً الانهيار المثالي الذي قام أوبنهايمر وسنايدر بحسابه.

وكما يلاحظ لمشاهد خارجي، يتباطأ الانهيار حتى يتوقف تماماً عند نصف قطر حرج. ولكن كما يلاحظ لمشاهد يتحرك مع سطح النجم، يستمر الانهيار ماراً بنصف القطر الحرج إلى الداخل دون تردد.

وأثناء ذلك، في الممر المؤدى إلى
قاعة المحاضرات ...



وكان أوبنهايمر متعباً من سنوات الخداع السياسي: يقوم بإدارة مشروع مانهاتن ويتعامل مع مأساة هيروشيما ونجازاكي واتهامه بخيانة بلده وخسارته لتصريح الأمان بصورة مشينة. ومثلما تشعل النجوم المحترقة كان أوبنهايمر ينهار داخل عالمه الخاص مستقطباً نفسه عن بقية الكون. ولكن بالنسبة لويلر فقد بدأ فصلاً جديداً في تاريخ الفيزياء. «أيا كان نتائج دراساتنا، يشعر الواحد منا على الأقل أن الانفجار النجمي نحو الداخل يمثل موقفاً تتضح فيه النسبية العامة ويتحقق فيه الامتزاج الناري بين النسبية العامة وفيزياء الكم».

فى نفس هذا التوقيت، عام ١٩٦٢، ستيفن وليم هوكنج وصل إلى جامعة
كمبردج، وقد كان متدراً له أن يخطو أولى الخطوات فى حلم ويلر بدمج النسبية
العامية وميكانيكا الكم. ولكنه فى هذه الأحيان كان قد بدأ يعانى من أعراض المرض
الذى سيجعله جالس كرسى متحرك بعد عشرة أعوام وسيفقده القدرة على الكلام
نهائياً بعد عشرين عاماً.



عصر هوكنج

يستطيع أى زائر لقسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية (DAMTP) فى جامعة كمبريدج أن يرى صورة أستاذ الرياضيات الحالى Lucasian Prof. of Math. ستيفن هوكنج معروضة باستمرار فى موضع الاستقبال المتواضع بالقسم إلى جانب صورتين شخصيتين لاثنتين من رواد الفيزياء الرياضية توليا نفس المنصب من قبل وهما: السير إسحق نيوتن، وبول ديراك المشهور عالميا بأعماله فى ميكانيكا الكم النسبية.



وهناك نسخة أصلية من رسالة هوكنج للدكتوراه (١٩٦٥) محفوظة فى ومئات الرسائل الأخرى فى الدور الأول من مكتبة للقسم فى مكان آمن. ويلاحظ أن معظم بعض المعادلات مكتوبة بخط هوكنج. ويمثل هذا المخطوط بداية عصر جديد فى علم الكونيات الحديث.

وكان هوكنج قد انتقل من أوكسفورد إلى كامبردج ليدرس تحت إشراف عالم الكونيات المشهور عالمياً السير فريد هويل، ولكن الأمور كانت محبطة بالنسبة له.



لقد تم قبول طلي للبحث في جامعة كامبردج ولكن حدث شيء أزعجني وهو أن مشرفي لم يكن هويل ولكنه رجل آخر يدعى دينيس سياما الذي لم أسمع عنه من قبل. وقد كان سياما مثل هويل يؤمن بنظرية الحالة المستقرة التي تقول إنه ليس هناك بداية ولا نهاية للكون في الزمن.

ولكن اتضح في النهاية أن هذا الأمر كان لصالحى ، فقد كان هويل يسافر لفترات طويلة، ولم أكن سأستطيع رؤيته كثيراً.

أما سياما فكان متواجداً لفترات طويلة، وكان دائماً يحثني بالرغم من أنني كنت أعارضه عادةً.



كان فريد هويل أشهر الثلاثة الذين وضعوا نظرية الحالة المستقرة للكون والآخرا هما
هرمان بوندى وتوماس جولد وهما لاجئان من أوروبا النازية.



في بداية ستينيات القرن العشرين كان عدد علماء الفيزياء الفلكية وعلماء الكون الذين
يقبلون نموذج الحالة المستقرة أكثر من الذين يقبلون الانفجار العظيم. وكان هويل متضايقا من
بعض جوانب النموذج المعارض. وذكر في أحد البرامج الإذاعية لراديو B.B.C في عام ١٩٥٠ أنه
أول من أطلق عليه اسم الانفجار العظيم، وبالطبع كان ذلك بسخرية.



واستمر هويل بعد سخريته هذه فترة اثني عشر عاماً في تطوير نظرية بعض جوانب الجاذبية في قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية بالاشتراك مع أحد طلاب الدراسات العليا اسمه جاينت نارليكار لدعم نموذج الحالة المستقرة. أما هوكنج الذي كان متعثر الخطوات في بحثه في شهره الأولى في كمبرج فقد اهتم بالحسابات التي كان يجريها نارليكار، وبدأ في الاقتراب من مكتبه على عادة سياسة القسم الخاصة بالبحث الحر والمناقشة المفتوحة وتبادل الآراء، وبالطبع لم يكن هويل يعلم شيئاً عن ذلك.



وقد أصبح هوكنج ملماً بالصعوبات التي واجهت نارليكار في المشروع الذي حدده له هويل.

وكثيراً ما كان هويل الذي تميز بالخبرة في الدعاية لأعماله - يقدم أفكاره قبل نشرها وتحكيمها وذلك لكي يجعل اسمه متصديراً الجرائد، وبالتالي يتمكن من الحصول على المنح البحثية. وقد قام بتنظيم محاضرة للجمعية الملكية لمناقشة أفكاره الأخيرة المبنية على حسابات نارليكار.





ولقد ضجت القاعة بالضحك مما أغضب هويل. فلقد كانت هذه مواجهة مأساوية بين واحد من أشهر علماء الكونيات فى العالم وتلميذه الذى كان قد رفضه. وانفضت هذه الجلسة سريعاً.

وقد كان هوكنج محققًا بالفعل فيما ذكره عن تفاوت معادلات هويل وقد تم التخلي عن هذا المنهج الجديد . فأعمال هويل تم تحكيمها بواسطة طالب دراسات عليا غير معروف على الملأ.

وقد كتب هوكنج بحثًا بعد ذلك يلخص فيه الأساليب الرياضية التي استخدمها والتي جعلته باحثًا شابًا واعدًا.



هل كان ذلك تكبراً ... أم أنه مجرد طموح ؟ لقد كان طموحاً، وبعدها لم يصبح ستيفن وليم هوكنج طالب دراسات عليا غير معروف.

مشرف الرسالة غير الأناني

اتضح أن دنيس سياما مشرف غير أناني ملتزم من نوعية المدرس الخاص غير الأناني الذي يبحث تلاميذه على البحث عن طرق لزيادة خبرتهم.



رفض سياما أن يسرع في برنامج الدكتوراه لهوكنج حتى عندما ضغط عليه والده هوكنج المقنع.



وقد طور سياما أسلوباً فريداً في الإشراف على طلبته، فلم يكن يشاركهم أعمالهم مثلما يفعل الكثير من الأساتذة في العالم كله. (فلم ينشر في الغالب أبحاثاً مشتركة). وكذلك لم يكن يختار المواضيع لهؤلاء الطلبة.

إذا رغب أحد في دراسة منشأ الانفجار العظيم للكون بخلفية الإشعاع الكوني فلن يتمكن من فهم علم الكونيات إلا بمساعدة النسبية العامة. لذلك كان من الطبيعي أن للبحث في هذه المجالات الصعبة أن اقترح النسبية العامة عند تأسيس مدرسة بحثية في كمبردج في السبعينيات مع مجموعة من الطلاب الموهوبين بدرجة كافية.

ومع ذلك كان كل هؤلاء الطلبة الذين اختارهم سياما يشغلون مناصب بارزة في علم الكونيات :
- جورج إليس أستاذ الفيزياء في جنوب أفريقيا (كتب إليس كتاباً هو و هوكنج وعنوانه البنية الكبيرة للزمكان ويعتبر بمثابة عمدة المقدس في علم الكونيات

النسبي. وتم إهداؤه إلى ر. د. و. سياما)
- براندون كارتير يشغل الآن منصب مدير البحث في المرصد في باريس.

- مارتين ريز يشغل الآن منصب مدير معهد الفلك في كمبردج.



- وبالطبع ستيفن هوكنج الأستاذ له كرسي Lucasian في جامعة كمبردج.

وكان من أهم نشاطات سياما أن يرتب لأن يحضر طلبته الحلقات البحثية المهمة. وكان يبدو أنه يعرف ما يدور حوله دوماً. وفي منتصف الستينيات أصبحت جماعة كمبردج مهتمة بأعمال عالم الرياضيات التطبيقية الشاب روجر بنروز الذي كان في كلية بيركبيك في لندن.

وبعد تخرجه في كمبردج والبحث في الولايات المتحدة بدأ بنروز في تطوير أفكاره عن نظرية التفرد والتي كانت تتطابق مع أفكار فريق البحث في كمبردج.

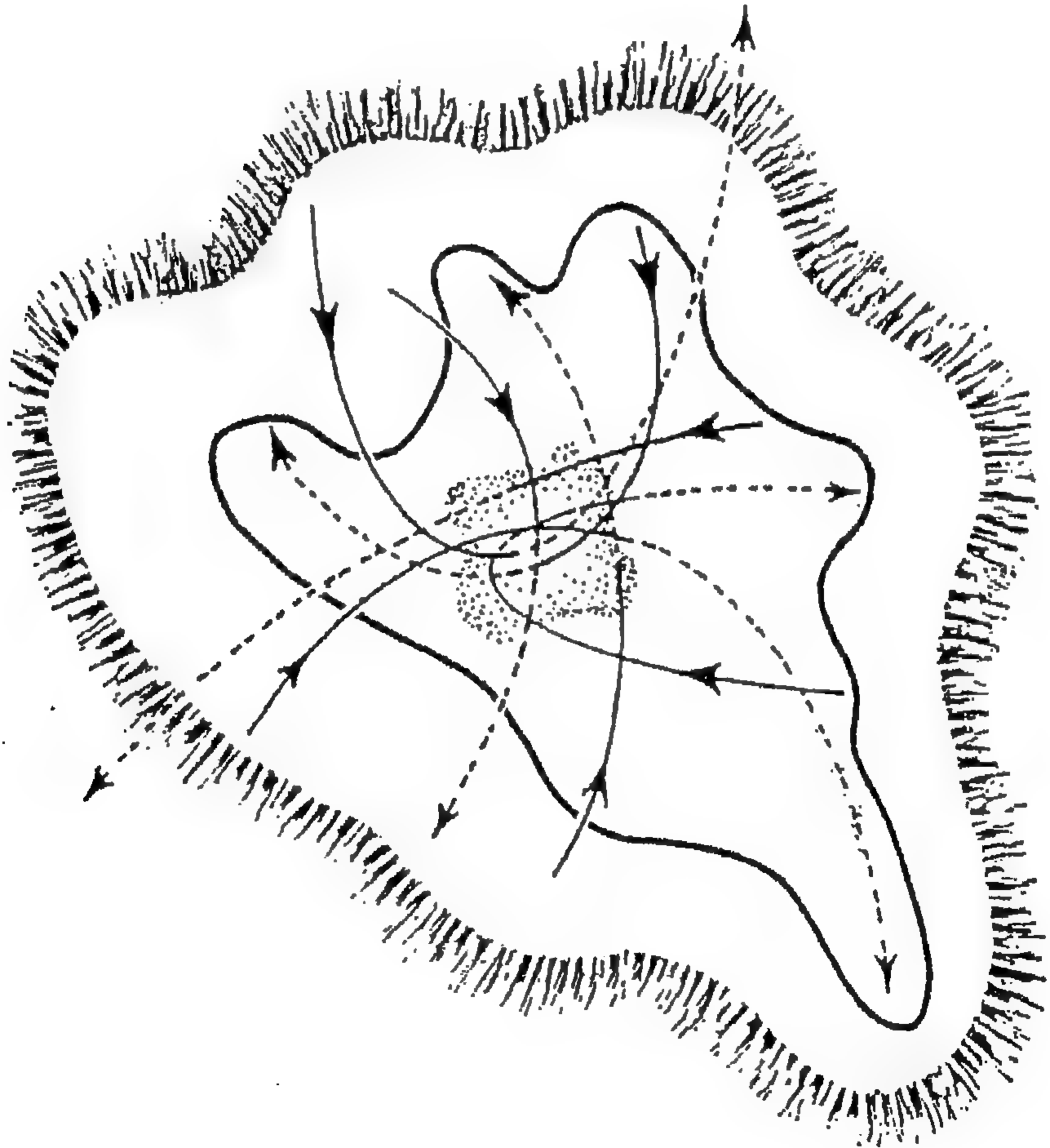


لم تنقصر سنوات قلائل على قبول جون ويلر حلول أوبنهايمر ووجود الثقوب السوداء حتى بدأ سياما في مشاركة الحماس مع بعض زملائه وطلابه. وقد حصل بنروز (أحد أفضل علماء الرياضيات في العالم) على ومضة إلهام عن هذه الأجسام الغريبة من سياما في مقهى كمبردج.



وسرعان ما أستطاع بنروز أن يظهر أنه إذا انهار نجم ما بعد نقطة ما فإنه لا يمكن أن يتمدد مرة أخرى. وفي إطار النسبية العامة ، لا يستطيع النجم أن يتجنب أن يصبح لا نهائى الكثافة أى أنه سيقوم بتكوين نقطة تفرد عند مركزه. والأمر الذى كان يصر عليه الكثير بأن مادة هذا النجم سوف «تطير متجاوزة نفسها ثم تعود فى التمدد» كان خاطئاً. وبدلاً من ذلك سيحدث تفرد الزمكان وهى نقطة ينتهي عندها الزمن وتنهار كل قوانين الفيزياء. وكانت هذه هى أول نظرية تفرد.

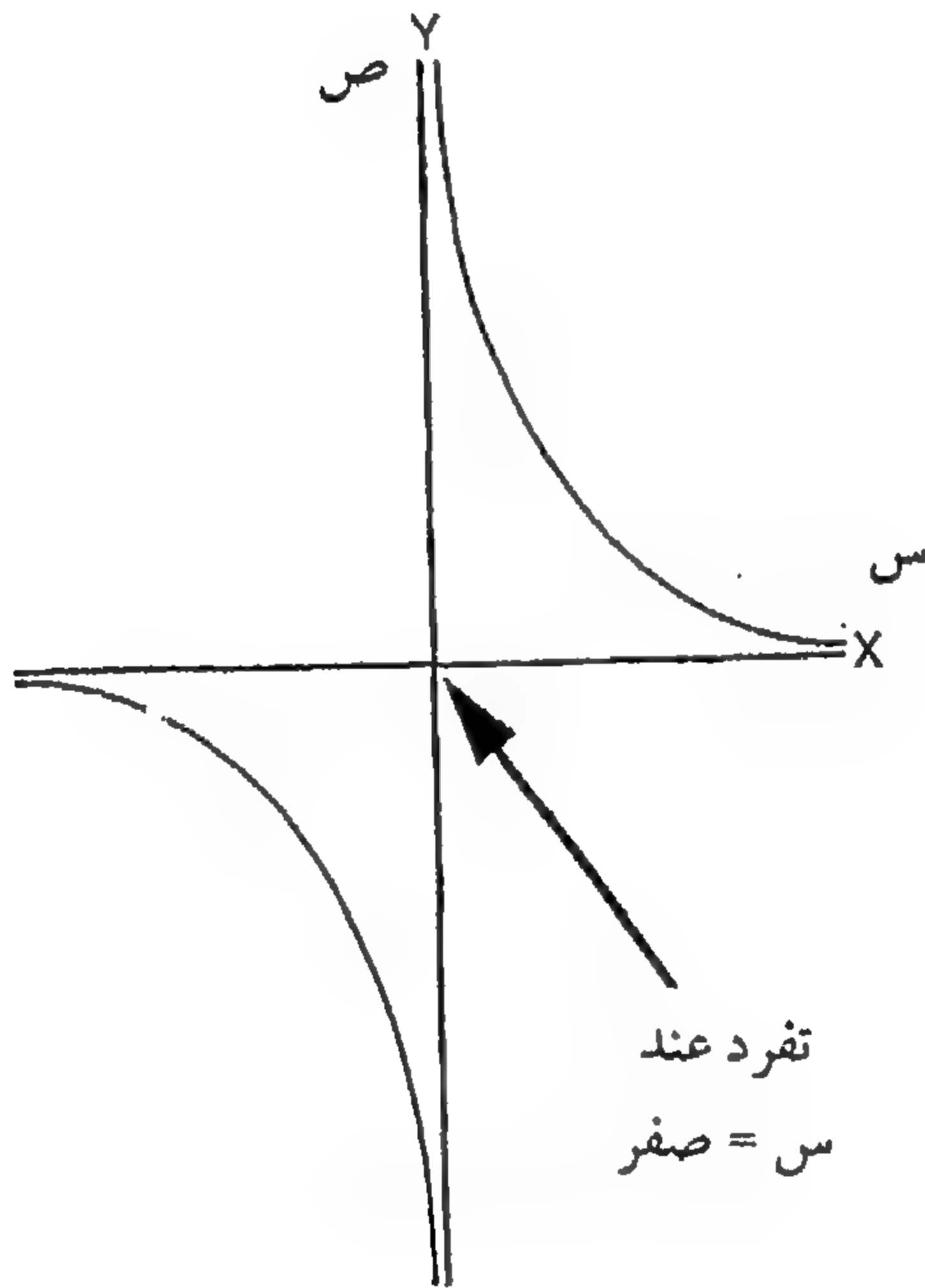
قال بنروز : إن طيران المادة متجاوزة نفسها داخل النجم المنهار لتعود إلى التمدد مرة أخرى ليس صحيحاً.



شئىء نحتاج لمعرفته : ما التفرد ؟

التفرد بصفة عامة نقطة لا يمكن تعريف الدالة الرياضية عندها، حيث إن الدالة تتفاوت إلى مقادير متناهية فى الكبر.

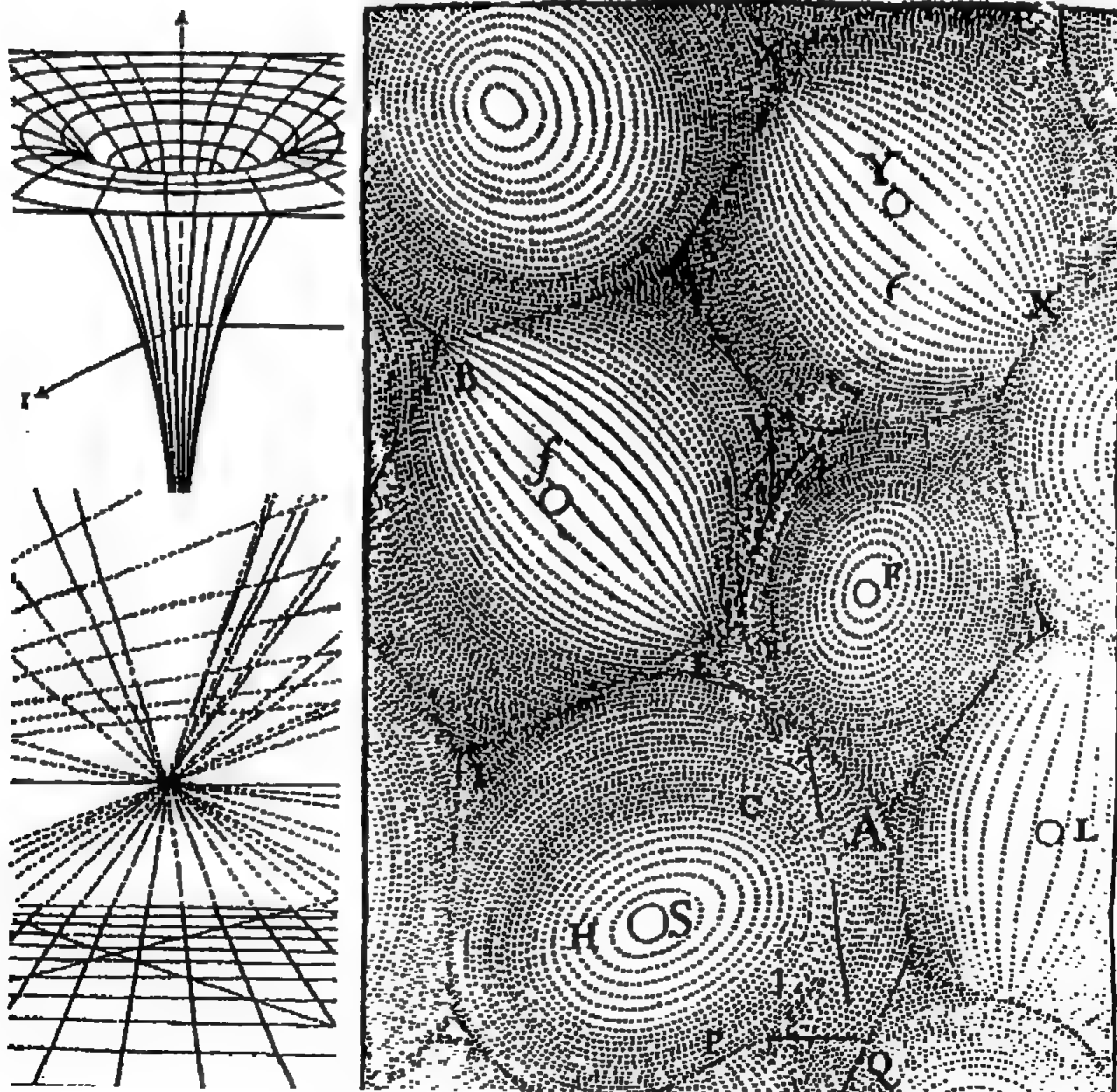
فعلى سبيل المثال الدالة الجبرية البسيطة $y = \frac{1}{x}$ لها نقطة تفرد عند القيمة $x = 0$ صفر. فإذا جعلنا قيمة x الموجبة صغيرة جداً نجد أن y تزداد بصورة كبيرة فى الاتجاه الرأسى (الموجب). أما إذا كانت قيم x السالبة تتناهى فى الصغر (مقتربة من الصفر) نجد أن y تأخذ قيمة كبيرة جداً سالبة. لذلك فإنه بالنسبة لأصغر تغير فى المتغير x (ليكن من $+0.000001$ إلى -0.000001) تتغير y بمقدار كبير جداً (من $+1000000$ إلى -1000000). وواضح جداً أنه عند $x = 0$ صفر يحدث خطأ. هذه هى نقطة التفرد الرياضى.

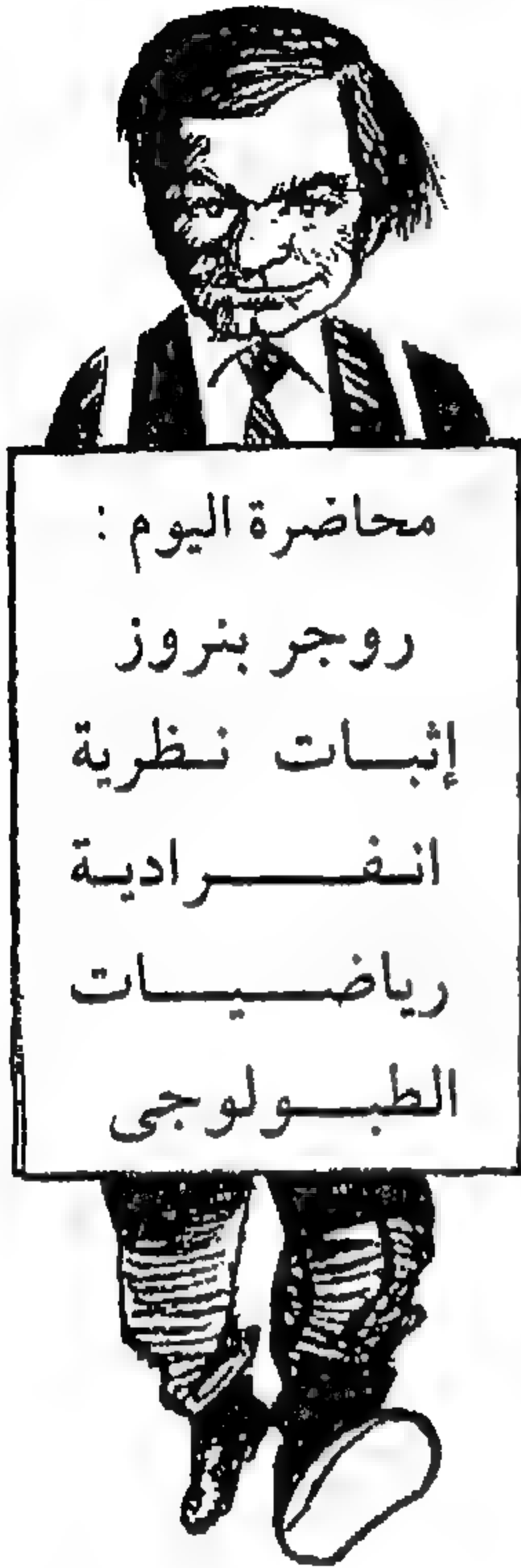


س	ص
١,٠	١,٠
٠,١	١٠,٠
٠,٠١	١٠٠,٠
٠,٠١-	١٠٠,٠-
٠,٠١-	١٠-
١,٠-	١,٠-

فى النسبية العامة التفرد يعنى منطقة فى الزمكان يصبح عندها الانحناء قوياً جداً لدرجة أن قوانين النسبية العامة تفشل ويفترض أن نحل محلها قوانين جاذبية الكم.

عندما نحاول أن نصف التفرد باستخدام النسبية العامة فقط نحصل على نتيجة خاطئة، وهي أن الانحناء وجاذبية المد والجزر لا نهائية عند هذه النقطة. أى وصفها. والجاذبية الكمية ربما تقوم باستبدال هذه «الرغوة الكمية» بالنهايات وتختلط مع قوانين النسبية العامة. ولكن هذا لا يعنى أنه لا يمكن دراسة نقاط التفرد وفهم قوانين الفيزياء. بالقرب من هذه النقاط فهناك بعض نظريات التفرد التى ولدت معلومات نوعية مهمة ببعض الشروط. فعلى سبيل المثال إذا تم التعامل مع الرياضيات بحرص فإن البرهان على وجود تفرد حقيقى يمكن أن يكون نتيجة ذات معنى فيزيائى. وهكذا كانت نظريات التفرد التى وضعها بنروز ومن بعده هوكنج. وفى جاس، تونرسمباز لمعادلات المحال عند أينشتين لا تعتبر نقطة نصف القطر الحرج نقطة تفرد حقيقية (وبالرغم من أنها وصفت من قبل بأنها نقطة تفرد شوارتزشيلد). العمليات الفيزيائية متصلة عبر الحدود وأى تغير بسيط فى الإحداثيات الرياضية يقوم بإزالة التفرد.

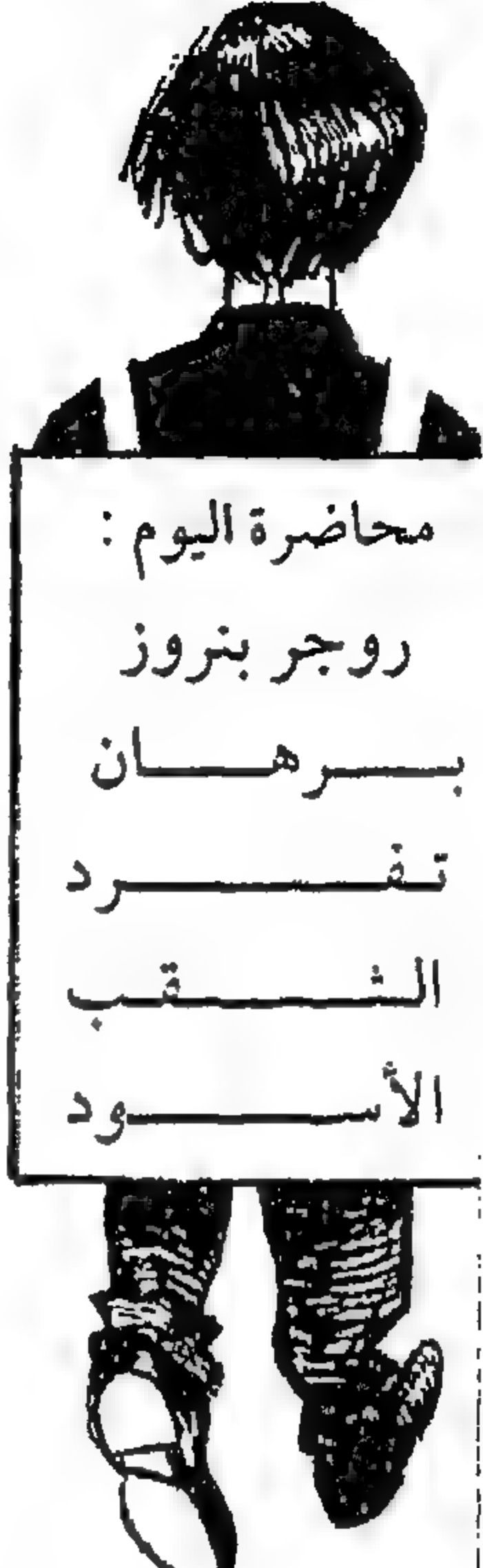




محاضرة اليوم :
روجر بنروز
إثبات نظرية
انفردانية
رياضيات
الطبولوجي

كانت هناك مجموعة من طلاب
سياما يحضرون حلقة دراسية
في لندن لبنروز عندما أعلن أنه
أثبت أن هناك تفرداً يوجد
عندما ينهار النجم مكوناً ثقباً
أسود.

ولم يكن هوكنج حاضراً تلك
الحلقة الدراسية لبنروز ولكن
أخبارها وصلته في الحال، وكان
لها تأثير كبير عليه.



محاضرة اليوم :
روجر بنروز
برهان
تفرد
الثقب
الأسود



نتائج بنروز شيقة جداً. وأنا أتساءل إذا كان
من الممكن استخدامها لفهم أصل الكون :
الكون المتمدد على هيئة نجم عملاق ينهار
في عملية عكسية.

هل تعني أنه بعكس
الإحساس بالزمن ...



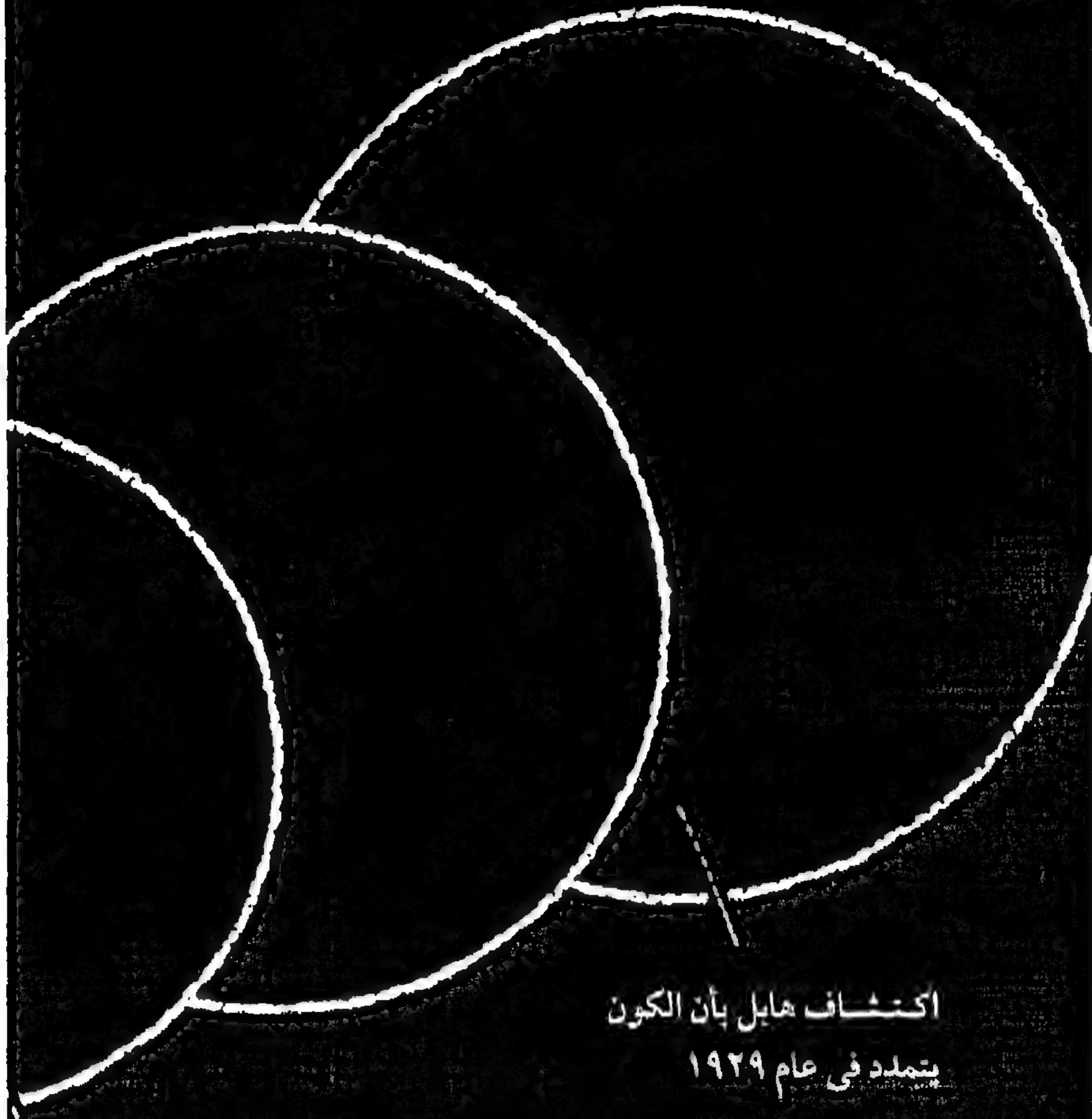
نعم . ربما يمكن تطبيق نفس الاعتبارات
التي أخذها في نظريته عن النجوم. وسوف
أحاول تطبيق نتائجه على الكون بأكمله
وأرى ماذا يحدث.

حسناً. لا بد أن هذا
سيكون شيقاً جداً

لم يتبق أمام هوكنج سوى عام واحد كطالب بحث، ولم يجد مشكلة تشير التحدى إلا الآن. وحتى يطبق منهج بنروز كان عليه أن يعمل بجدية ويتعلم الرياضيات المطلوبة ويتناولها فى الفصل الأخير من رسالته، وهى أول نظرية تفرد له عن بداية الكون. وقد أوضح هوكنج أنه إذا كانت النسبية العامة صحيحة لأبد من وجود نقطة تفرد فى الماضى تعتمد عن بداية الزمن.



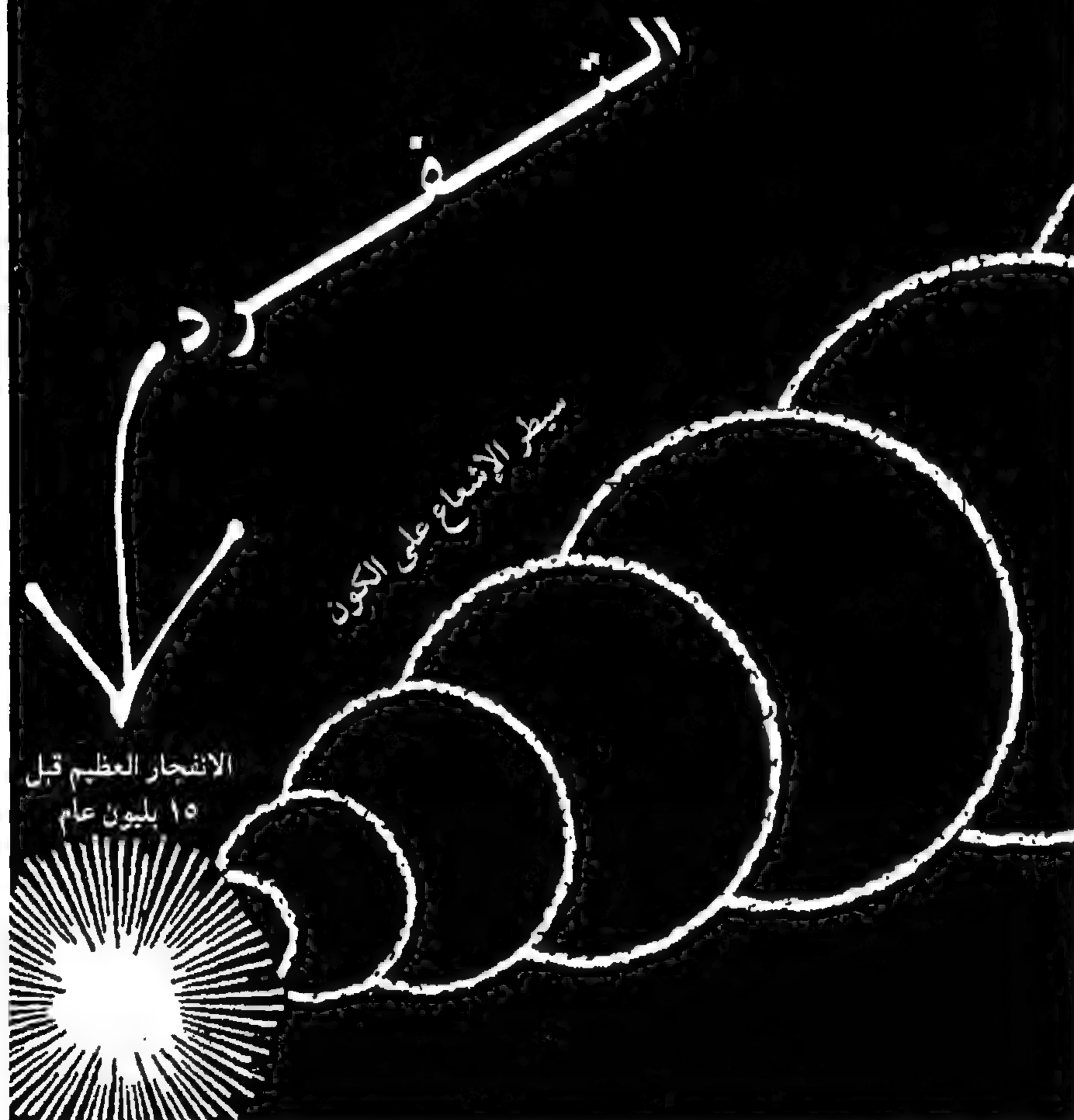
ونجح هوكنج وحصل على درجة الدكتوراه في عام ١٩٦٥ . وكان هناك بعض
التعقيدات - مثل الأكوان النهائية واللانهائية - ولكنه خلال السنوات القليلة التالية
قام بتطوير أساليب جديدة لإزالة هذه المشاكل.



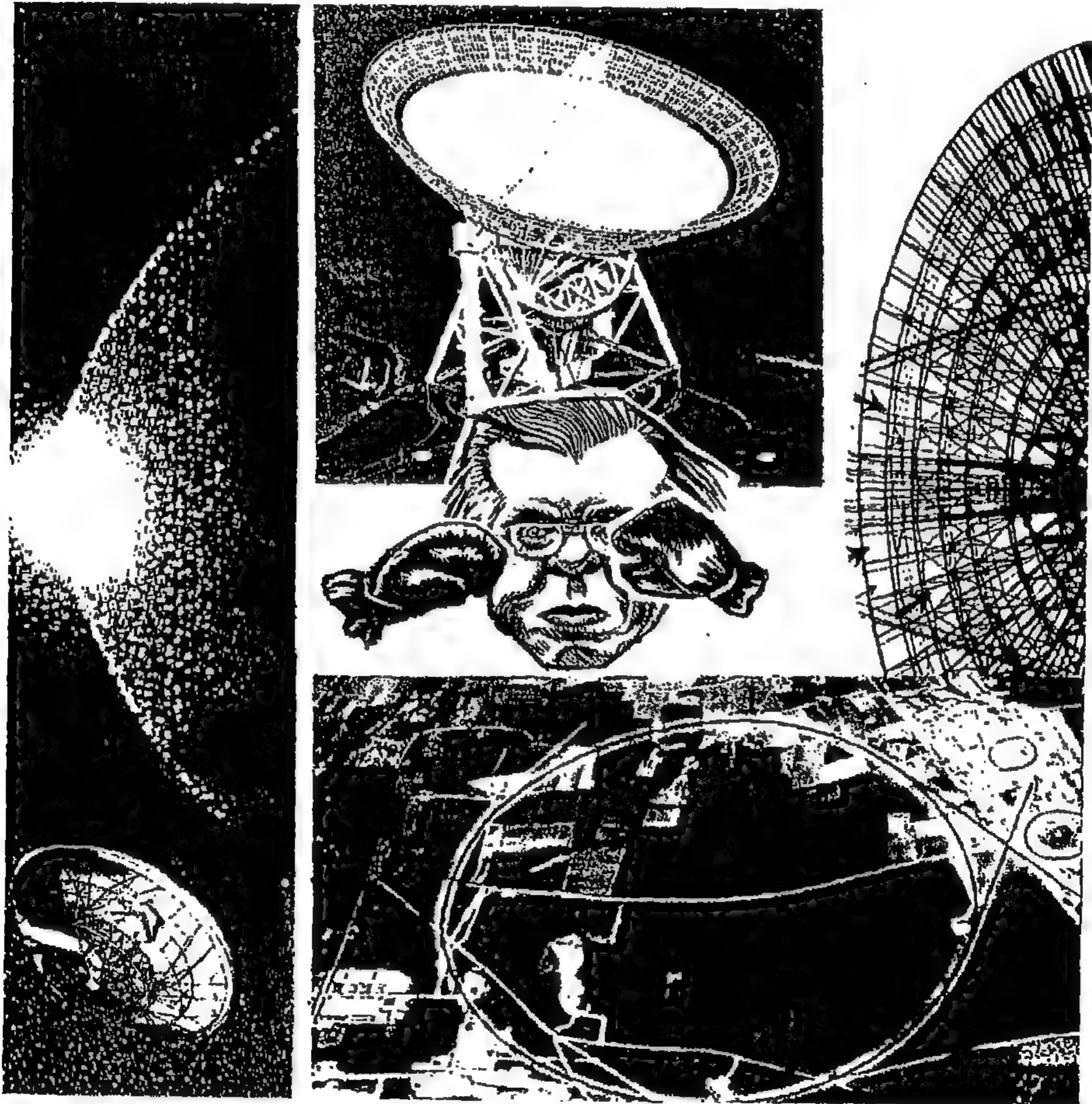
اكتشاف هابل بأن الكون
يتمدد في عام ١٩٢٩

تكوين النظام الشمسي
قبل ٤,٥ بليون عام

أصبح ذلك معقولاً بوجه عام، وكلنا يفترض الآن أن الكون بدأ بانفجار عظيم،
أى الحالة الأولية الساخنة عالية الكثافة. وهذا هو الإسهام الأساسى لهوكنج فى علم
كونيات الانفجار العظيم، ونتيجة لذلك أصبح هوكنج مشهوراً عبر أنحاء العالم
بأسره، لذلك فى عام ١٩٧٠، أى بعد مرور خمس سنوات على حصوله على درجة
الدكتوراه، أصبح ستيفن هوكنج عالم كونيات معروفاً دولياً.



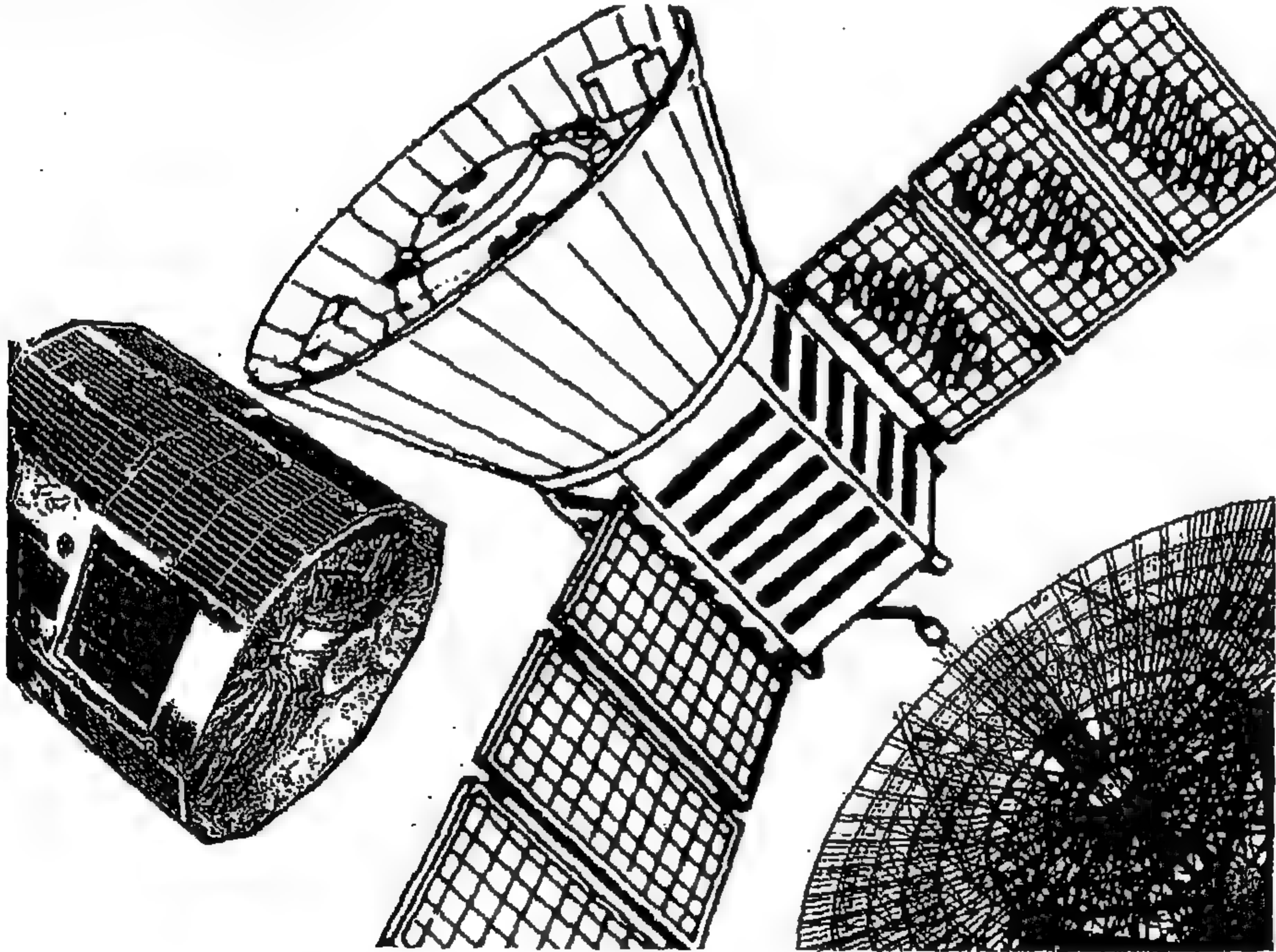
وكان هوكنج نصيراً لنموذج الانفجار العظيم منذ أيامه الأولى كطالب دراسات عليا. ورسالته التي تنتقد نموذج الحالة المستقرة لهويل؛ وبرهانه على تفرد الانفجار العظيم جعلتا اسمه مرتبطاً بنجاح هذا البرهان في كل الأوقات. إنه لأمر شيق أن تتخيل تاريخ علم الكونيات الحديث (أو على الأقل التاريخ الحديث لهوكنج) إذا تم قبول تسجيله مع هويل في جامعة كامبردج. واليوم يقوم هويل وطالبه القديم جاي نارليكار بترميم نموذج الحالة المستقرة ولكن دون جدوى. فلقد تطور عالم علم الكونيات. وربما تم توضيح ذلك بصورة أفضل في مجلة Scien Tific في أحد مقالاتها في العدد الخاص الذي نشر في أكتوبر عام ١٩٩٤ عن الكون، والذي يبشر بأنه سيصبح الوصف المقبول لفهمنا للكون في الألفية القادمة.



تطور الكون

يعتبر فهم تطور الكون أحد أعظم إنجازات العلوم في القرن العشرين. وقد أنت هذه المعرفة من عقود من النظريات المبدعة. حيث استخدمت التلسكوبات الحديثة، سواء إذا كانت على الأرض أم في الفضاء، في اكتشاف الإشعاع المنبعث من المجرات التي تبعد عنا بلايين السنوات الضوئية لتوضح لنا ماهية صورة الكون في مراحله الأولى. وتقوم معجلات الجسيمات باختبار لاستكشاف الطبيعة الفيزيائية الأساسية للبيئة عالية الطاقة في الكون الأول. أما الأقمار الصناعية فتقوم بالتقاط يكشف إشعاع الخلفية الكونية المتبقى من المراحل الأولى للتمدد، وتقدم لنا صورة للكون في أكبر مقياس يمكننا رصده. وأفضل الجهود لتفسير هذه الوفرة من البيانات تتجسد في نظرية تسمى «النموذج الكوني القياسي» أو «علم كوني الانفجار العظيم». وأهم مبادئ هذه النظرية أن في المتوسط كبر الحجم نجد أن الكون يتمدد بصورة متجانسة تقريباً من حالته الكثيفة الأولى. وفي الوقت الحاضر لا توجد أية تحديات ذات بال لنظرية الانفجار العظيم بالرغم من وجود قضايا لم تحسم بعد في هذه النظرية. فعلى سبيل المثال لا يعرف علماء الفلك كيف تكونت المجرات ولكن لا يوجد ما يدعو لأن نعتقد بأن هذه العملية لم تحدث في إطار الانفجار العظيم. وبالفعل صمدت تنبؤات النظرية أمام كل الاختبارات حتى الآن.

(Scientific American)



١٩٦٥ : عام حافل بالنسبة لهوكنج

تزوج هوكنج من محبوبته جان وايلد فى كنيسة ترينتى فى كمبريدج فى شهر يوليه ١٩٦٥ . وبالرغم من أن اتكائه على عكازه كان يتزايد دوماً فإنه حصل على رسالة الدكتوراه ، وكذلك تزوج من زوجة مخلصه وذكية، بالإضافة إلى اكتسابه مهارات رياضية جديدة ليستخدمها فى علم الكونيات، وكذلك حصل على عضوية فى كلية كايوس ليكمل دراساته فى قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية. وبذلك لم يعد



وما زالت هناك تلك النظرة المزهوة الواثقة
تبين على وجهه، وكأنها تقول ...
أستطيع أن أفعل أى شىء ولا يمكن أن
يعيقنى أى شىء حتى مرض (ALS).



عقل لا يمكن إيقافه

كثرت القصص عن قدرات هوكنج العقلية المذهلة التي كانت قد ظهرت بوضوح في سنوات دراسته في أوكسفورد، وذلك عندما كان طالباً في مرحلة البكالوريوس. لقد قضى العديد من زملائه الأسابيع في مهمة كبيرة لحل ثلاث عشرة مسألة من أحد الكتب الصعبة، وهو «الكهرية والمغناطيسية» لـ بليني وبليني. وقد طلب منهم أن يقوموا بحل أكبر عدد من المسائل قدر استطاعتهم وتمكن أغلبهم من حل مسألة أو اثنتين على الأكثر في الوقت المحدد. وتركها هوكنج لآخر يوم وبعد أن قضى الصباح في غرفته خرج ليقول إنه حل أول عشر مسائل فقط !

وقام أحد الأساتذة وهو يشرف على هوكنج في الفيزياء الإحصائية بتكليفه بحل بعض المسائل من كتاب يكرهه. وفي الموعد التالي عاد هوكنج ولم يحل المسائل بل تبين كل الأخطاء في هذا الكتاب. وأدرك أستاذه في هذا الوقت أن هوكنج يعرف عن هذه المادة أكثر مما يعرف هو.



وفي نهاية الفصل الدراسي في أوكسفورد كان هوكنج قد بدأ يشعر بأعراض مرض (ALS)، وسقط مدوياً من على السلم في ردهة الجامعة. ونتيجة لذلك أصيب بفقدان مؤقت في الذاكرة ، لدرجة أنه لم يتمكن حتى من تذكر اسمه. وبعد العديد من الساعات التي استجوبه فيها أصدقاؤه تمكن من العودة إلى حالته الطبيعية ، ولكنه كان منزعجاً من احتمال حدوث تلف مستديم في مخه. ولكي يتأكد قرر أن يخوض اختبار ميسا Mesa للأفراد ذوي الذكاء المرتفع. وقد كان مسروراً عندما تمكن من أن ينجح نجاحاً عظيماً بدرجات تتراوح بين ٢٠٠ و ٢٥٠ !

لا يوجد أي شيء يمكن أن يوقف هذا الذهن، حتى مرض ALS ذاته.

ثورة الستينيات

هناك جدل غير محسوم حول ما إذا كان المؤرخون الاجتماعيون في القرن الحادى والعشرين سيواصلون النظر إلى ستينيات القرن العشرين بأنها فترة فوران اجتماعى كبيرة وتغير جذرى على الأرض . ولكن بالتأكيد ستكون وجهة نظر علماء تاريخ العلم أن هذه المرحلة مرحلة تغيير جذرى فى فهمنا للكون. وقد تمت الإشارة إلى هذه الفترة من قبل بأنها العصر الذهبى لعلم الكونيات النسبية. وقد أصبح أبطال الستينيات، بداية من الخنافس ذوى العقول الشابة حتى الحشوفى وودستوك رموزاً مألوفة، وكذلك كانت لثورة علم الكونيات أبطالها، ولكنهم فى الغالب غير معروفين بالنسبة لعامة الشعب.



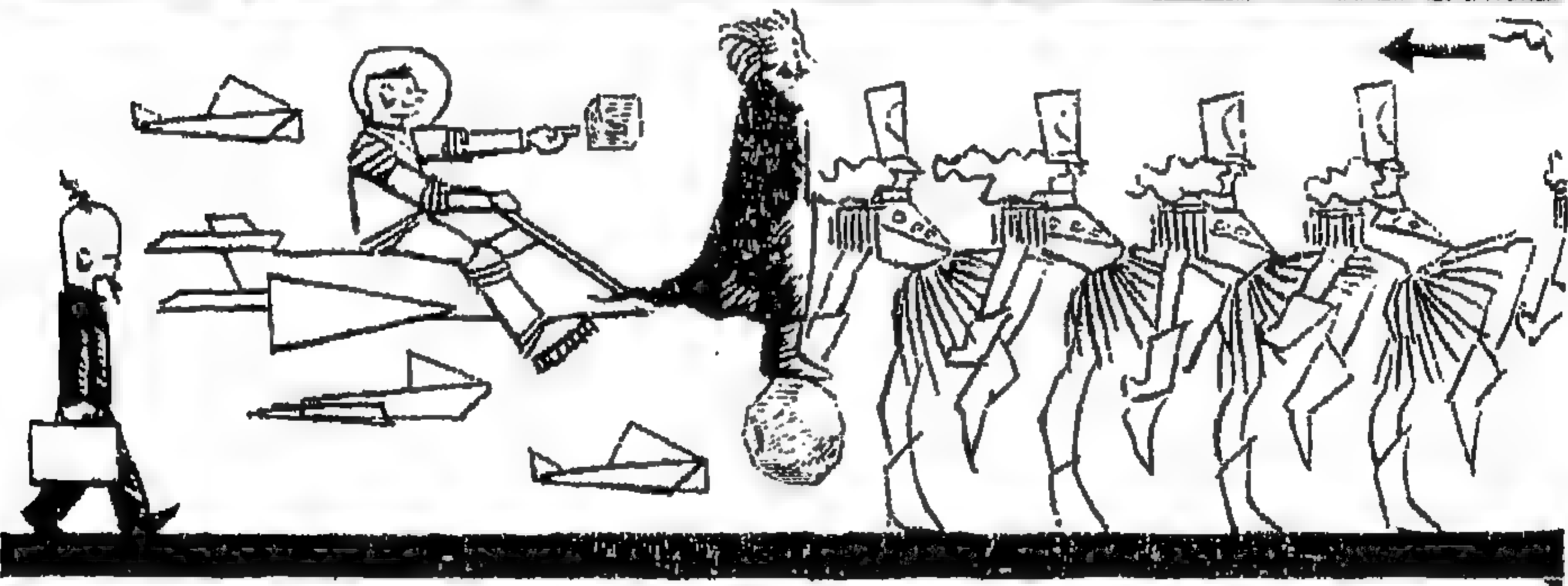
وكانت فترة الستينيات فترة تطور ملحوظ في علم الفلك الذي يقوم على المراصد ويرجع ذلك في الأساس إلى التطورات في التكنولوجيا والأدوات. أدت كل أنواع الظواهر غير المألوفة التي تمت ملاحظاتها إلى نماذج جديدة للأجسام السماوية الأمر الذي لا يمكن أن يوصف إلا بأنه ثورة في علم الكونيات. وبداية هذه الثورة يمكن إرجاعها إلى لقاء في مكان وزمان ما يمكن محوهما من ذاكرة القرن العشرين، ولكن لأسباب مختلفة تمامًا..



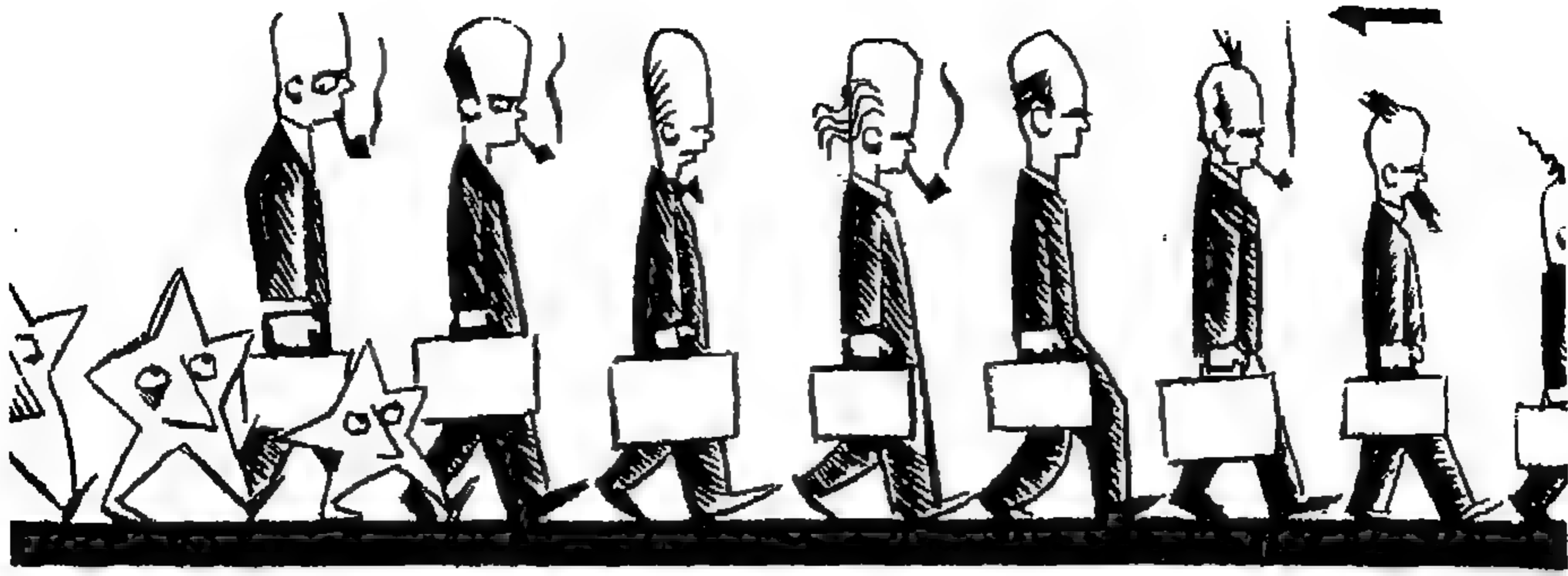
دالاس ١٩٦٣



إذا سألت من الناس الذين تجاوزوا الخمسين عاماً إذا كانوا يتذكرون دالاس ١٩٦٣، سيصف غالبيتهم ما كانوا يفعلونه بالضبط عندما تم اغتيال جون ف. كيندي في دالاس في ٢٢ نوفمبر.



ولكن ربما توجد فئة صغيرة من هؤلاء الناس تجيب إجابة غامضة. فهم بالطبع يتذكرون حادث اغتيال كيندي المأساوي، ولكن دالاس ١٩٦٣ لها دلالة أخرى لمجموعة من ثلاثمائة من علماء الفلك والفيزياء الفلكية والكون والنسبية، كانوا قد حضروا مؤتمر تكساس الأول عن الفيزياء الفلكية النسبية ليميزوا اكتشاف الكواسارات (أشباه النجوم). وقد عقد هذا المؤتمر في دالاس في الفترة من ١٦ إلى ١٨ ديسمبر ١٩٦٣ بعد ثلاثة أسابيع فقط من اغتيال كيندي.



وتمت دعوة البسبيون، وهم متخصصون غريبو الأطوار قضوا سنى عملهم فى الاستخفاف بمعادلات أينشتين، لكى يتلاقوا فى حوار مع علماء الفلك وعلماء الفيزياء الفلكية. وفى الخمس والعشرين عاماً الأخيرة بعد نشر البحث الشهير لأوبنهايمر وسنايدر عن انهيار النجوم؛ تم اقتراح النسبية العامة كتفسير ممكن لظاهرة فيزيائية جديدة، كان قد لاحظها العاملون فى علم الفلك. وقد ساد الاعتقاد بأن النجوم المنهارة جدياً (سيطلق عليها الثقوب السوداء) ربما تمدنا بالطاقة الهائلة الضرورية لتفسير الملاحظات بالأجسام

الجديدة والمثيرة والتي تسمى أشباه النجوم (aQuasars)، وقد ألقى توماس جولد (أحد مطوري نظرية الحالة المستقرة) محاضرة الغداء فى مؤتمر دالاس.



إن اكتشاف أشباه النجوم يجعلنا نعتقد بأن النسبيين وأعمالهم البارة ليسوا مجرد حلية ثقافية رائعة، بل ومفيدة فى العلم! وهذا مدعاة لسرور العلماء

المتخصصين فى النسبية الذين يشعرون بأنه تم تقديرهم وأنهم خبراء فى مجال عرفوا أنه موجود بصعوبة. وعلماء الفيزياء الفلكية الذين وسعوا امبراطوريتهم عن طريق إلحاق موضوع جديد ... ألا وهو النسبية العامة.

إن ذلك كله مدعاة للسرور، لذا دعونا نتمنى أن يكون صحيحاً.

مؤتمر تكساس
الأول عن الفيزياء
الفلكية النسبية

وقد اتضح أنه صواب، كما أقر هوكنج نفسه بعد ٣٠ عاماً.

لقد حدث تغير كبير في منزلة النسبية العامة وعلم الفلك في الثلاثين عاماً الماضية. فعندما بدأت بحثي في قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية في كامبردج عام ١٩٦٢ كانت النظرية النسبية العامة بأنها نظرية جميلة إلى ولكنها معقدة جداً لدرجة أنها لا تتصل بالعالم الواقعي على الإطلاق. وكان علم الفلك يعتبر علماً زائفاً لا ترتبط فيه التأملات الجامعية بأيّة ملاحظات ممكنة.

والموقف الآن يختلف كثيراً، ليس فقط نتيجة للتطور الهائل في مستوى مجال الملاحظات التي أتاحتها التكنولوجيا الحديثة ولكن أيضاً نتيجة للتقدم الهائل في الجانب النظري الذي حققناه.

هذا هو المجال الذي أستطيع أن أدعي أنني قمت فيه بإسهامات متواضعة.

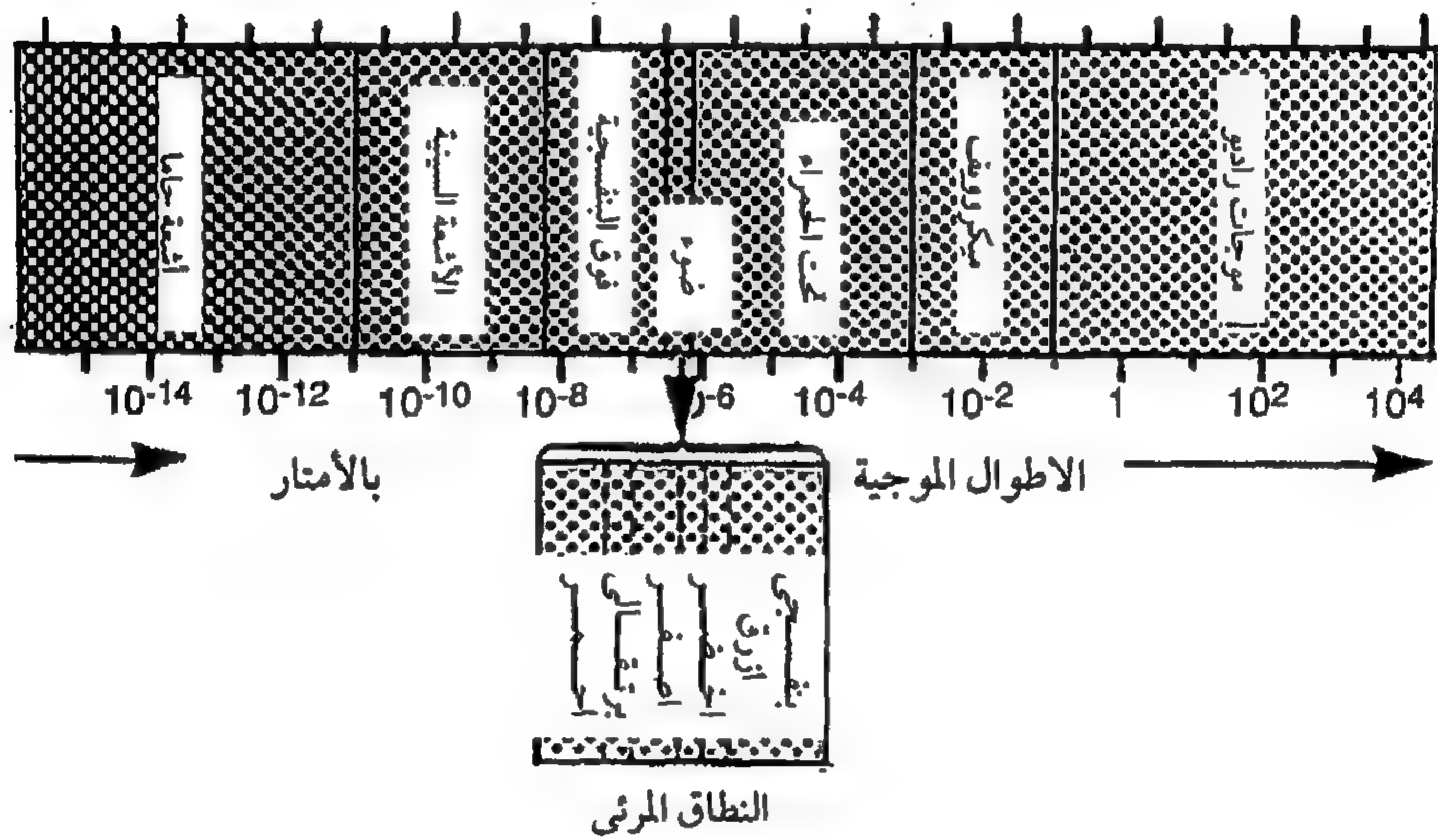


ولكن رصد أشباه النجوم كان يتطلب أساليب رصد جديدة تماماً. لذلك قبل ذكر الجوانب المثيرة في أشباه النجوم دعنا نقوم بتوضيح شيء نحتاج لمعرفته.

شئ نحتاج إلى معرفته : الطيف الكهرومغناطيسي

الطيف الكهرومغناطيسي غنى جداً حيث إن شقيقه نادراً ما يستخدم خارج العلوم الطبيعية. الشق (الكهرومغناطيسي) يعنى أن الموجات التى ستحدث عنها (ضوء، راديو، تحت الحمراء) تتكون من مجالات كهربائية ومغناطيسية مهتزة (تتغير شدتها مع تغير الوقت والمكان). أما الشق (الطيف) فيشير إلى مدى أحجام هذه الموجات (أى أطوال موجاتها الموجية).

والطيف الكهرومغناطيسي يشير إلى كل الأطوال الموجية الممكنة للإشعاع الموجود فى الطبيعة. والموجات التى لها أطوال موجية مختلفة تكون لها خواص مختلفة وتولدها بعمليات فيزيائية مختلفة. علاوة على أنه لابد أن يتم كشف هذه الموجات بأجهزة مختلفة تماماً والإشعاع غير المرئى الذى يأتى من النجوم والمجرات (بالطبع بالإضافة إلى الضوء المرئى أو النطاق الضوئى) يمدنا بمعلومات مفيدة بالرغم من أنه لا يرى بالعين المجردة.



والأطوال الموجية تغطى مدى واسعاً من القيم ابتداء من الأشعة السينية (أقل من المسافة بين الذرات فى المادة الصلبة) إلى موجات الراديو (طولها يصل الى عدة كيلو مترات). وهذه الموجات تتحرك بنفس سرعة الضوء. وهناك علاقة بسيطة بين الطول الموجى وتردد مصدر انبعاث هذه الموجات وسرعة انتقالها :

$$(\text{الطول الموجى}) \times (\text{التردد}) = (\text{سرعة الضوء}).$$

وقبل الستينيات من القرن العشرين كان علم الأرصاد يعنى علم الفلك الضوئى (أو المرئى) وهو عبارة عن النظر عبر تلسكوبات مكونة من عدسات زجاجية أو مرايا عاكسة الملاحظة بالعين أو بكاميرات حساسة جداً. وتم استخدام بعض الأفلام الحساسة لقياس جرم الأشعة تحت الحمراء غير المرئية التى لها أطوال موجية أكبر من الضوء. ولكن خلال أواخر الخمسينيات والستينيات أصبح كل النطاق الكهرومغناطيسى تقريباً من الممكن التقاطه بواسطة علماء الأرصاد، وأصبح لدينا الآن علم فلك الأشعة وعلم فلك الميكروويف وعلم فلك الأشعة تحت الحمراء وعلم فلك الضوء، وعلم فلك الأشعة فوق البنفسجية وعلم الأشعة السينية وعلم فلك أشعة جاما. والاكتشافات العظيمة فى الستينيات نتجت عن مدّ الملاحظة خارج النطاق الضوئى خاصة إلى مدى الأطوال الموجية الكبيرة من الميكروويف وموجات الراديو. وقد تم اكتشاف أشباه النجوم والنجوم النابضة (والتي سيتم توضيحها فيما بعد) فى نطاق ترددات الراديو، أما الخلفية - الإشعاع الخلفى الكونى - فتم اكتشافه فى نطاق الميكروويف. وعلى الجانب الآخر من الطيف قام علم فلك الأشعة السينية بإمدادنا بأول دليل على وجود الثقوب السوداء من ملاحظات كوكبة سجنوس (س-١) فى أواخر السبعينيات.

لقد تنبأت نظريتي
الكهرومغناطيسية التى
وضعتها فى ١٨٦٧ بوجود
كل هذه الموجات



جيمس كلارك ماكسويل
أستاذ آخر من
جامعة كامبردج

١٩٦٣ : أشباه النجوم Quasars

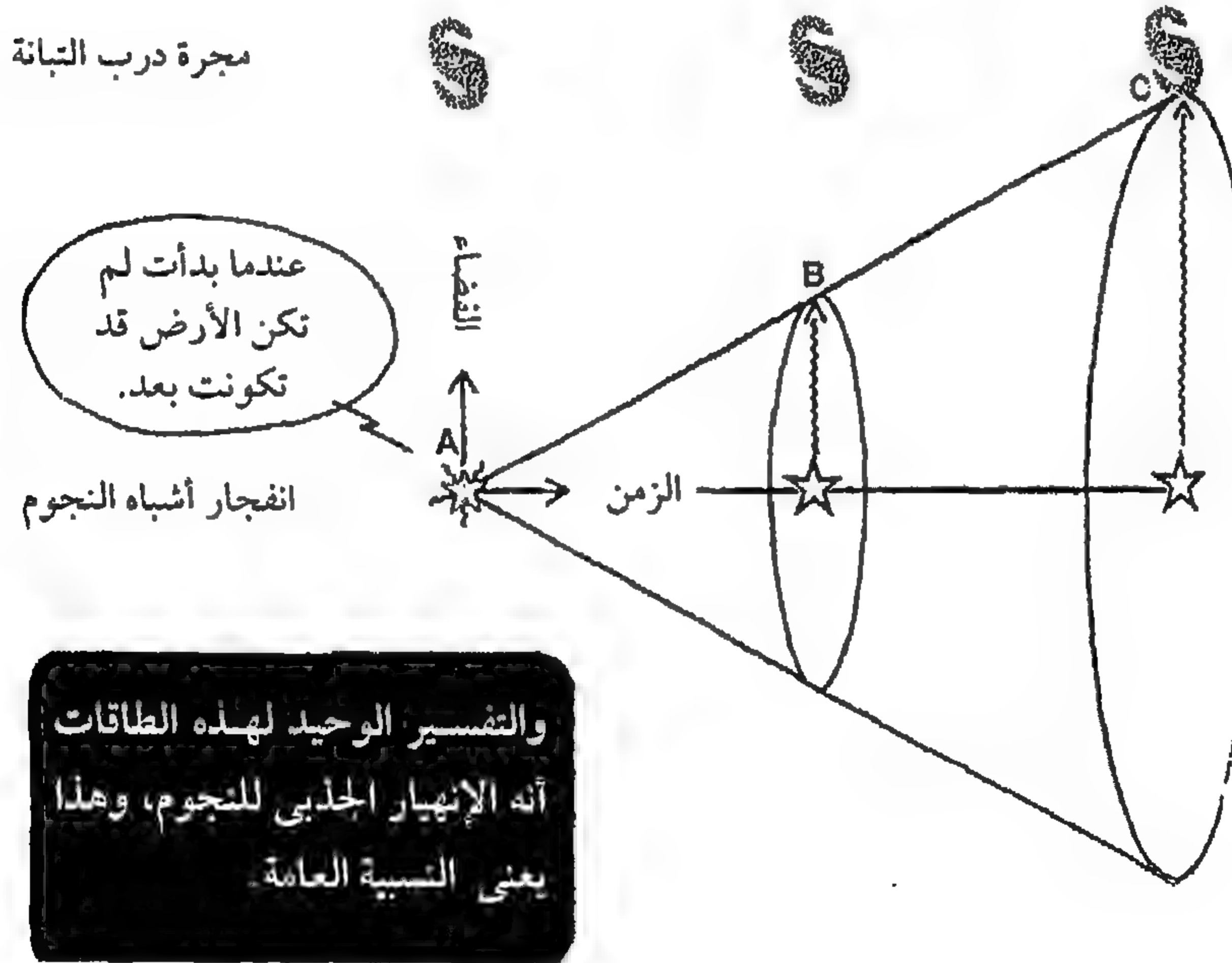
كشفت الملاحظات الدقيقة التي قام بها علماء الفلك الضوئي والراديو في الفترة من ١٩٦٠ إلى ١٩٦٢ أن هناك أكثر من نصف دسنة أجسام مضيئة في السماء صغيرة كالنجوم؛ ولكنها ذات طيف ضوئي غريب، لا يشابه أى نجم لوحظ من قبل. ولقد تحير الجميع من هذه الأجسام حتى قدم عالما الفلك مارتن شميدت وجيس جريتشين في كالتك اكتشافاً في الخامس من فبراير عام ١٩٦٣ .



وقد أوضحت القياسات أن أشباه النجوم تتحرك مبتعدة عن الأرض بسرعات هائلة ولذلك لابد أنها بعيدة جداً جداً.



لقد ساد الاعتقاد في البداية بأنها نجوم في مجرة درب التبانة، ولكن سرعان ما قال مكتشفها بأن هذه الأشياء عن الأرض نتيجة لتمدد الكون. ولكن فلى المسافات الهائلة التي تم قياسها، منها اتضح أنها تشع طاقة أكبر مائة مرة من أكثر المجرات إضاءة على الإطلاق. ضوء أشباه النجوم يترك أشباه النجوم عند نقطة A وبعد مرور بلايين السنين عند النقطة B لم يصل الضوء إلى مجرة درب التبانة بعد. وفي النهاية عندما يصلنا الضوء عند النقطة مثل C فإننا نلتقطه كما كان النقطة A.



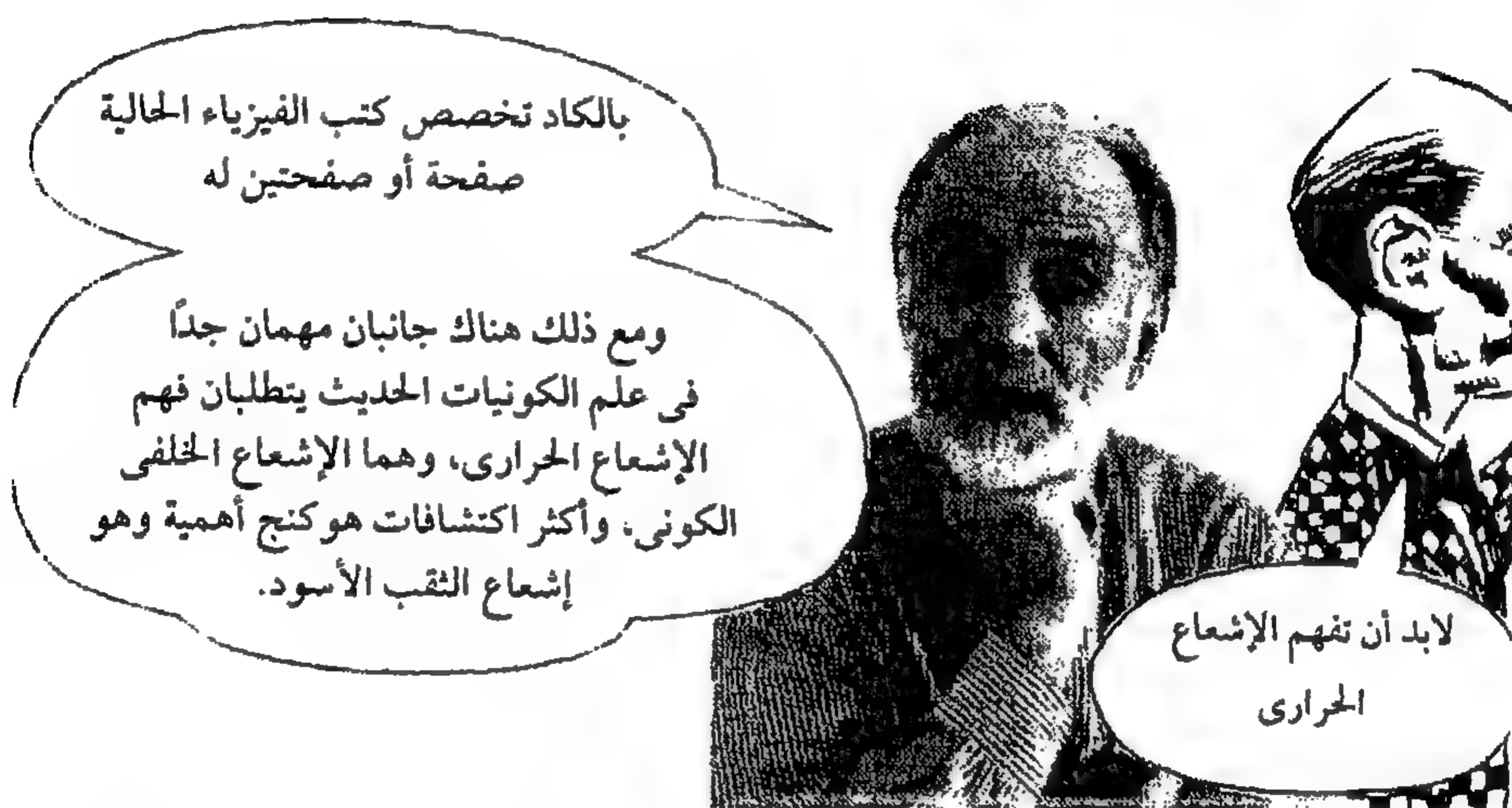
١٩٦٥ : إشعاع الخلفية الكونية

فى عام ١٩٦٥ اتضح أن الموجات الدقيقة الغريبة اكتشاف الميكروويف بالمصادفة من الفضاء الخارجى أول دليل تجريبي على احتمال صحة نموذج الانفجار العظيم. وقبل ذلك كان هذا النموذج يعتبر مزحة أو فكاهة، ونعرض الآن كيف حدث؟ ... لقد جعل تصور القس أبى جورج لومستر فى عام ١٩٢٧ للكون على أنه ذرة أولية (أو «بيضة كونية») بعض علماء الكونيات أن يتصوروا الكون الأولى على أنه بلازما ساخنة عالية الكثافة وسريعة التطور. أخذ أحد من أكثر هؤلاء المنظرين خيالاً وهو جورج جامو الروسي - المفكر الذي هاجر إلى أمريكا - فى حسابه تأثير تبريد هذه البلازما عندما تمدد الكون.. عند ذلك قام بتنبؤ واحد من أهم التنبؤات فى تاريخ العلم.



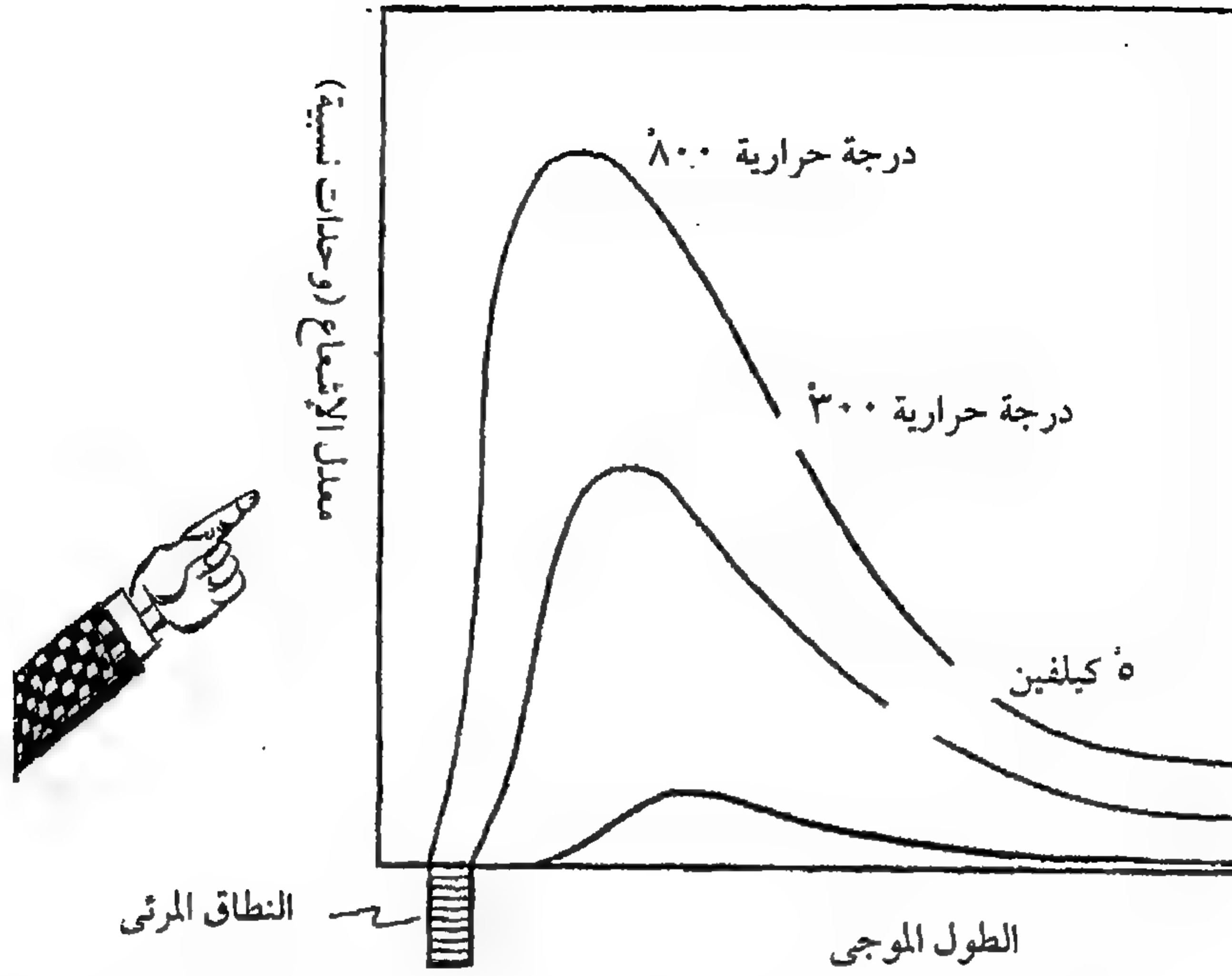
كل الأجسام الساخنة (كل جسم له درجة حرارة ما) تصدر موجات كهرومغناطيسية متواصلة تسمى الإشعاع الحرارى حتى لو كانت درجة حرارته خمس درجات فوق الصفر المطلق. والسؤال كان: كيف نقيس هذا الإشعاع؟ وفى أى نطاق من الطول الموجى نبحث فيه؟ ولكى نكمل هذا الجزء من القصة هناك شىء يجب أن نعرفه !

شئ ما نحتاج لمعرفته : الإشعاع الحرارى



الفيزيائية الكامنة للإشعاع الحرارى بسيطة جداً بالرغم من أنه تطلب فرضاً جذرياً (بدءاً من نظرية الكم) ومن ماكس بلانك فى عام ١٩٠٠ لتفسير تفاصيله. وقد وضحت نظريته كيف أن اعتماد المعدل النسبى لانبعاث الطاقة المشعة (موجات كهرومغناطيسية) يعتمد على الأطوال الموجية عند درجات حرارة مختلفة. وتوضح المنحنيات النظرية لبلانك أن الإشعاع لا ينتشر وتتحول قمته إلى الأطوال الموجية الأكبر كلما نقصت درجة الحرارة.

- عند درجة حرارة ٨٠٠م يتم انبعاث كمية كافية من الإشعاع المرئى تجعله يبدو أحمر متوهجاً بالرغم من أن القدر الأكبر المنبعث يكون فى نطاق الأشعة تحت الحمراء.
- عند ٣٠٠م تقوم الموجات الأطول من الضوء الأحمر بنقل كل الطاقة المنبعثة، وتسمى الأشعة تحت الحمراء. ولا يتم انبعاث أى إشعاع فى نطاق من الضوء المرئى..
- عند خمس درجات فوق الصفر المطلق (أو -٢٦٨م) يكون الإشعاع كله خارج نطاق الأشعة تحت الحمراء فى نطاق الموجات الدقيقة؛ ولذلك فإن القياسات تتطلب مستقبلات خاصة للموجات الدقيقة.



وحيث إن شكل هذا المنحنى تحدده درجة حرارة الجسم المشع فقط، فإن قياس الأطوال الموجية المختلفة يعطينا تنبؤاً بدرجة حرارة. وعلى العكس إذا عرض درجة حرارة الجسم المشع فيمكننا التنبؤ بشكل الإشعاع وتوزيعه من خلال معادلات نظرية.



إذا عدنا إلى تنبؤ جامو، نجد أن المنحنى النظرى لتوزيع الإشعاع الحرارى عند درجة حرارة خمسة فوق الصفر المطلق يدل على أن قمة هذا الإشعاع يجب أن تكون فى نطاق الموجات الدقيقة للطيف الكهرومغناطيسى. وبينما كانت مجموعات أخرى تقوم بالتخطيط لتجارب تفحص الموجات الدقيقة التى ذكرها جامو، اكتشفها باحثان بالمصادفة وهما أرنو بنزياس وروبرت ولسون فى معامل تليفونات بيل فى شمال نيو جيرسى فى الولايات المتحدة الأمريكية.



تاريخ الكون

أدى تمدد الكون إلى ترقيق
وتبريد الشهاب الأبيض
الساخن للانفجار العظيم.
وكان الإشعاع ما زال موجوداً
إلا أن أطواله الموجية مدة
التمدد حتى وصلت إلى نطاق



الموجات الدقيقة حيث اكتشفه
بنزياس وولسون. وبالرغم من
أنهما لم يستطيعا القياس إلا عند
طول موجي واحد، فإن بنزياس
وويلسون فازا بجائزة نوبل
لكونهما أول من استطاع أن يؤكد
عملياً هذا الدليل الوحيد على
الانفجار العظيم.

وهكذا فتح هذا الاكتشاف مجالاً
جديداً للبحث في علم الكون وهو
دراسة منشأ الكون من خلال الإشعاع
الخلفي الكوني.

لقد أدى اكتشاف خلفية الموجات الدقيقة في عام ١٩٦٥ إلى تشديد نظرية الحالة المستقرة وتوضيح أن الكون لا بد أنه كان شديد الحرارة والكثافة في فترة ما في الماضي ولكن هذه الملاحظات لا تستبعد أن يكون الكون فهذه عند كثافة كبيرة نوعاً ولكنها ليست كثافة متناهية الكبر.

وقد استند هذا التشديد إلى أسس نظرية في نظرية التفرد التي أثبتها أنا وبنروز، وقد قمنا بنشر بحث بعنوان التفردات في إتهيار الجاذبية وعلم الكونيات، وهو عبارة عن نظرية تفرد وضحت أن المفهوم الكلاسي للزمن لا بد أن تكون له بداية في تفرد في الماضي (أي الانفجار العظيم) وتضمنت هذه النظرية أيضاً أن الزمان لا بد أن ينتهي على الأقل في جزء من الزمكان عندما ينهار الحجم

ومنذ ذلك الوقت اهتمت أعمالي بتوابع هذه النتائج وآثارها الضمنية



واستمر علماء الفلك الراديوى فى اكتشاف العديد من مجرات الراديو (أى تلك التى تشع موجات كهرومغناطيسية فى الأساس فى نطاق موجات الراديو). بعد ذلك فى عام ١٩٦٧ قامت طالبة بحث فى جامعة كمبردج تسمى جوسلين بيل باكتشاف نبضات حادة عالية الانتظام على طول موجى ٣,٧ متر من إحدى هذه المجرات. واعتقد علماء الفلك الراديوى فى كمبردج أنهم قد اتصلوا بحضارة خارج الأرض !



كانت هذه النبضات ضيقة جداً، وكان ذلك يعنى أن مصدرها لابد أن يكون صغيراً جداً؛ لأنه لايمكن أن يقوم جسم كبير ببعث نبضات قصيرة حادة كما أن زمن انتقال الإشعاع من أجزائه المختلفة سيشوه الإشارة. ولابد أن يكون ذلك شيئاً على درجة عالية من الانضغاط، أى جسم قطره أقل من ثلاثة آلاف كيلو متر، ومع ذلك يبعد عنا نفس المسافة التى تبعدنا النجوم لكى تصل إلينا بمثل هذه الحدود الواضحة، لابد أنها كانت على

جوسلين بيل

درجة عالية من الانضغاط. أى أنها قادمة من جسم قطره أقل من ثلاثة آلاف كيلو متر على نفس مسافة النجم.

وعندما كان علماء فلك الراديو في كمبردج يعلنون نتائجهم، كان منظرو قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية - وهم سياما وهوكنج وريز يجلسون في الحلقة الدراسية معجبين بأنفسهم

بالتأكيد هذا اكتشاف آخر يدل على النجوم
المنهارة بالجاذبية والنسبية العامة

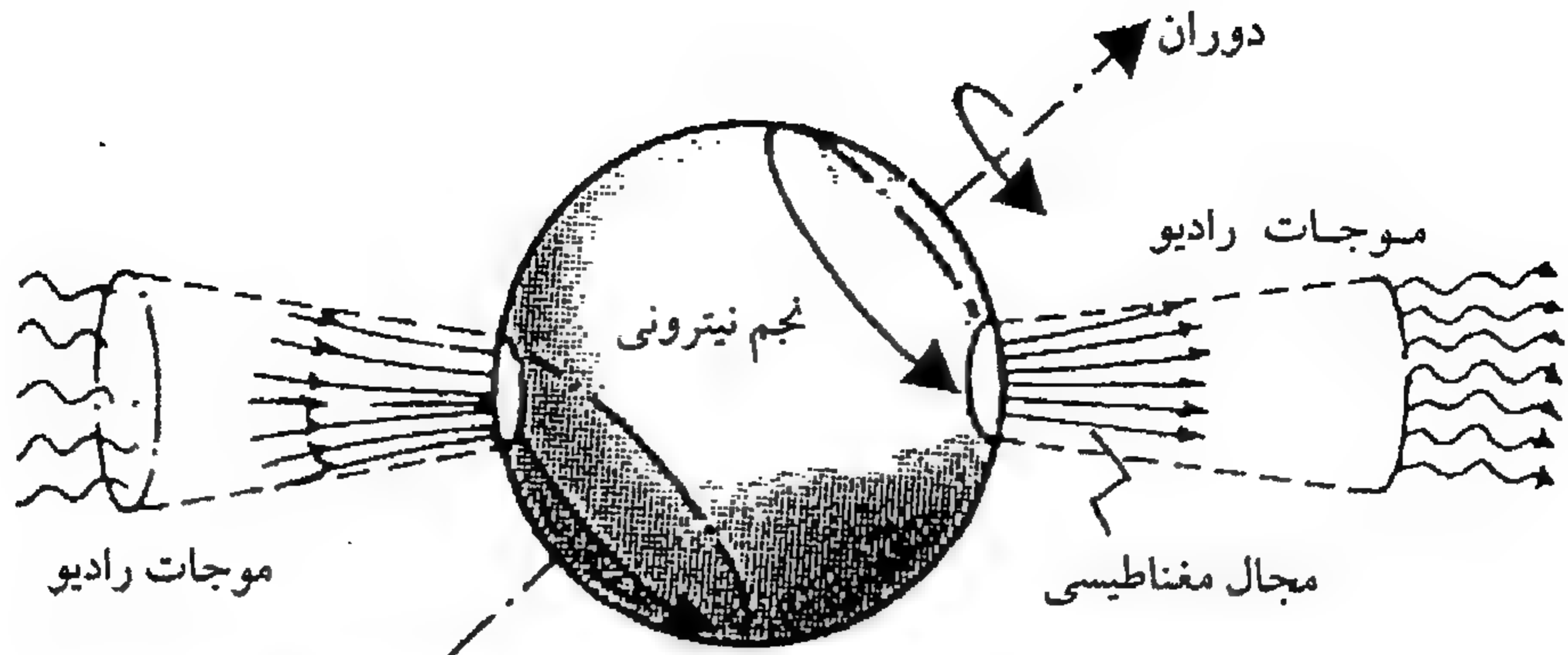


لقد ذهبت إلى الحلقة الدراسية التي تم فيها
إعلان البلسارات Pulsars وكانت الحجرة مزينة
بشباب خضرم الورق، وأطلق على أول أربع
بلسارات اسم LGM من واحد إلى أربعة.



من الواضح أنها كانت أجساما
مضغوطة جداً تقوم بالدوران ولكن لم
يكن مؤكداً إذا كانت أقزاماً بيضاء
معروفة لدى علماء الفلك) أو نجومًا
نيوترونية.

إنها مضغوطة أكثر بكثير من
الأقزام البيضاء، وغالبًا هي
في حالة الثقوب السوداء.

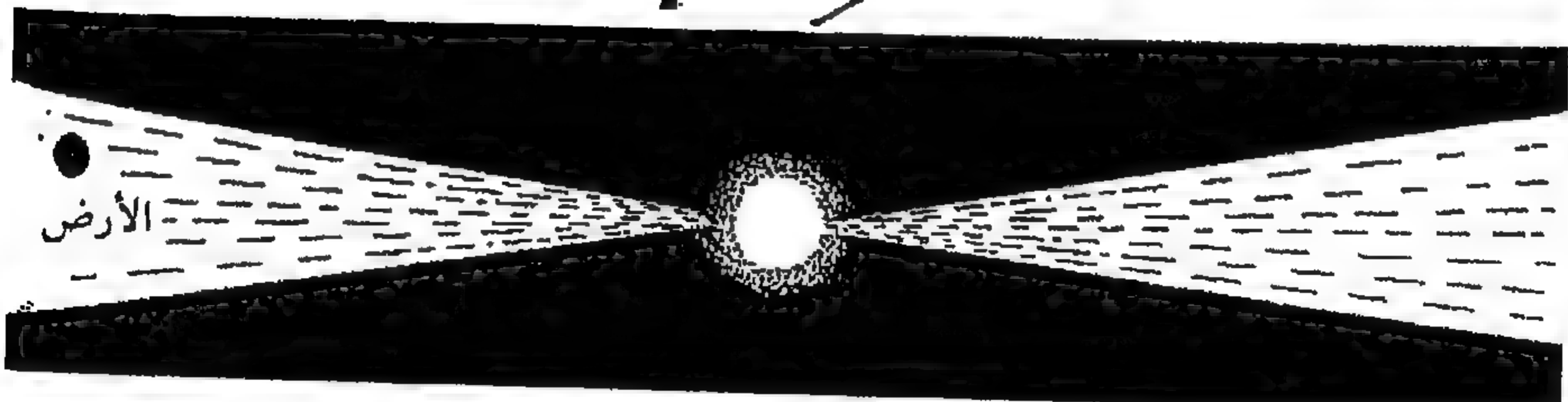


وقد أخذ الأمر أشهراً قليلة من المناقشة حتى أصبح واضحاً. وكان أول من أوضح ذلك هو تومى جولد والذي كان يبحث منذ وقت مبكر في نظرية الحالة المستقرة.



البلسارات
عبارة عن نجوم نيوترونية دوارة
ولا يمكن أن تكون
غير ذلك. وتصل موجات الراديو
المنبعثة من النجم النيوتروني إلى الأرض
بطريقة متقطعة عند دوران
النجم، مثل المنارة

نجم نيوتروني دوار (منارة إرشاد لاسلكية)



الثقوب السوداء: ويلر يعطى وسائل الإعلام مصطلحاً رناناً

مع نهاية الستينيات من القرن العشرين كان كل الناس يتحدثون عن النجوم المنهارة بالجاذبية. وقد أصبحت النجوم المنهارة جزئياً (الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية) أشياء مألوفة جداً عند علماء الفلك. ولكن جون ويلر كان يهتم بالنجوم ذات الكتلة الكبيرة والتي تنهار كلياً.



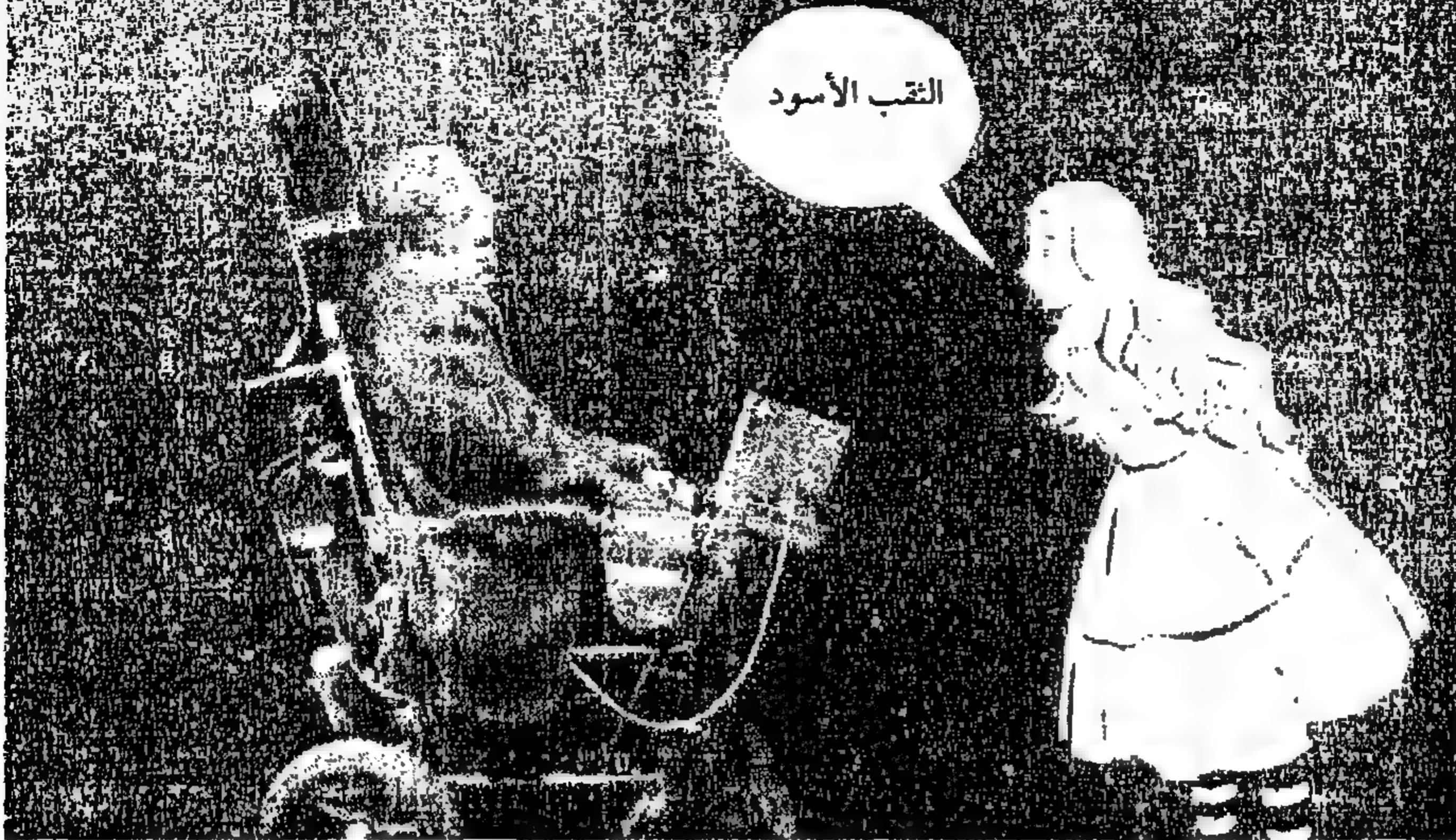
وكان لهذه الكلمة تأثير السحر، حيث بدأ كل شخص في استخدامها، وحتى المتخصصين يعرفون الآن أنهم يتحدثون عن نفس الشيء. وقد حلت «الثقوب السوداء» محل «النجوم المنهارة كلياً بالجاذبية» في موسكو وبازادينا وبرنستون وكمبردج.

عصر الثقوب السوداء

هاجت وسائل الإعلام وأصبحت على الأقل قادرة على تلخيص الفيزياء الجديدة المعقدة وعلم الفلك في كلمتين بسيطتين قد شاعت في أعمدة الجرائد. والتقط الكتاب هذا المصطلح الرنان الجديد، وظهرت كتب جديدة على أرفف العلوم المبسطة والخيال العلمي. أما في التلفزيون فصار له star teek محطات وصول جديدة موحشة تصل إليها سفنها الفضائية. أما في حفلات العشاء كان يطلب من العلماء في الحال تفسير الثقوب السوداء لأصدقائهم. وكذلك أصبحت الثقوب السوداء كلمات منزلية مألوفة ... ولكن هل يعرف أي أحد حقيقة معناها ؟



ما الثقب الأسود؟



لم يكن هذا سؤالاً بسيطاً. تخيل الحلول التي أوجدها شوارتزشيلد وأينهايمر لمعادلات أينشتاين وتذكر كيف تقوم الطبيعة بضغط هذه الأجسام السحابية حتى يطويها الفضاء ثم تختفي ... كل ذلك دون أن أستخدم يدي.

ولكن كيف تقوم الطبيعة بضغط هذه الأجسام الهائلة في السماء؟

عندما يحرق النجم كل وقوده ينهار بفعل جاذبيته.

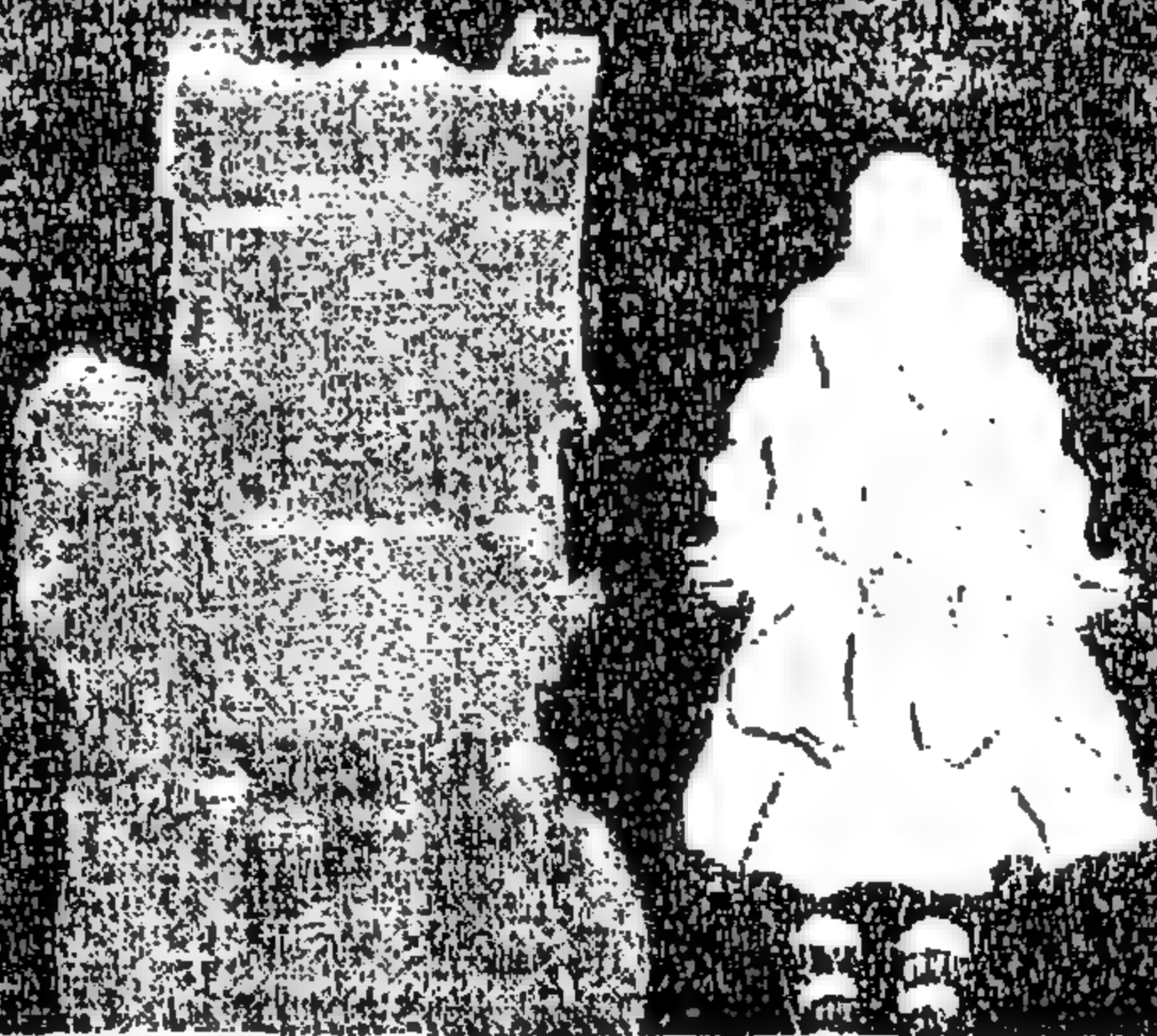
كما تعرف كنت أتساءل دائماً عما تتكون النجوم وكيف تبعث الضوء؟

مولد وموت النجوم

تتكون النجوم عند الجذب الجاذبية المتبادلة بين جزيئاتها الطافية في الفضاء (معظمها غاز الهيدروجين) الى تكوين الكتل وعندما تتجمع هذه الكتل تضغط الجاذبية على الجزيئات حتي تقترب بعضها البعض إلى حد كبير إلى أن تتفاعل تحت الضغط العالي مما يؤدي إلى زيادة في درجة الحرارة

وتستمر هذه العملية حتى يتوهج الغاز مكوناً إشعاعاً كهرومغناطيسياً بكل الأطوال الموجية وكلما يزداد الانضغاط تزداد شدة الإشعاعات حتى يصبح ضغط الإشعاع كبيراً بدرجة كافية ليقف أي انكماش جذبي

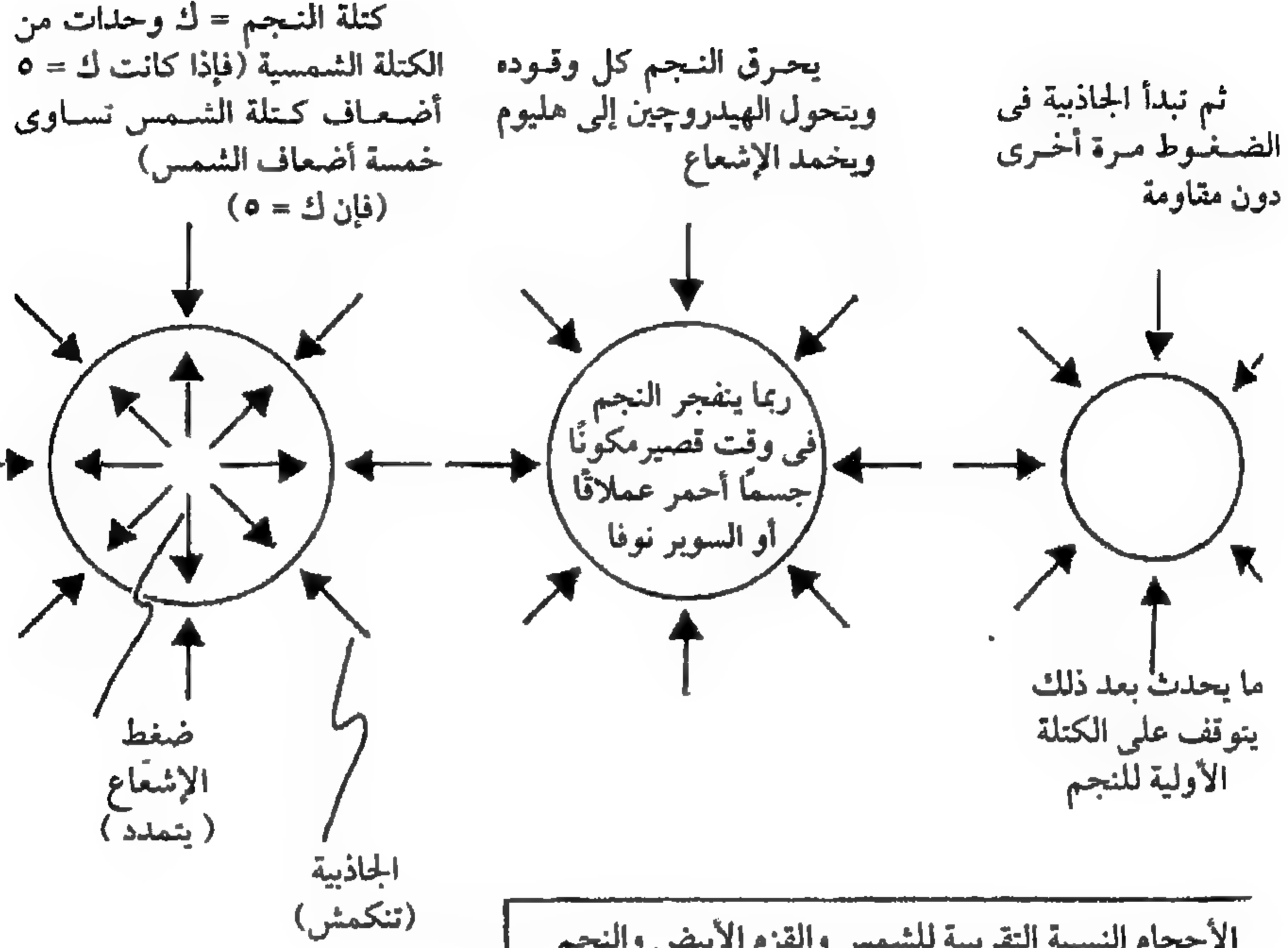
عند ذلك يصل النجم إلى اتزان دينامي
ويشع ضوءاً لعدة بلايين من السنين







كيف تنهار النجوم لتكون الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية والثقوب السوداء؟



الأحجام النسبية التقريبية للشمس والقزم الأبيض والنجم النيوتروني والثقوب السوداء

الشمس	قزم أبيض
قزم أبيض	نجم نيوتروني
نجم نيوتروني	ثقب أسود

يحترق النجم لبلايين السنين في اتزان دينامي مشعاً ضوءاً وحرارة.

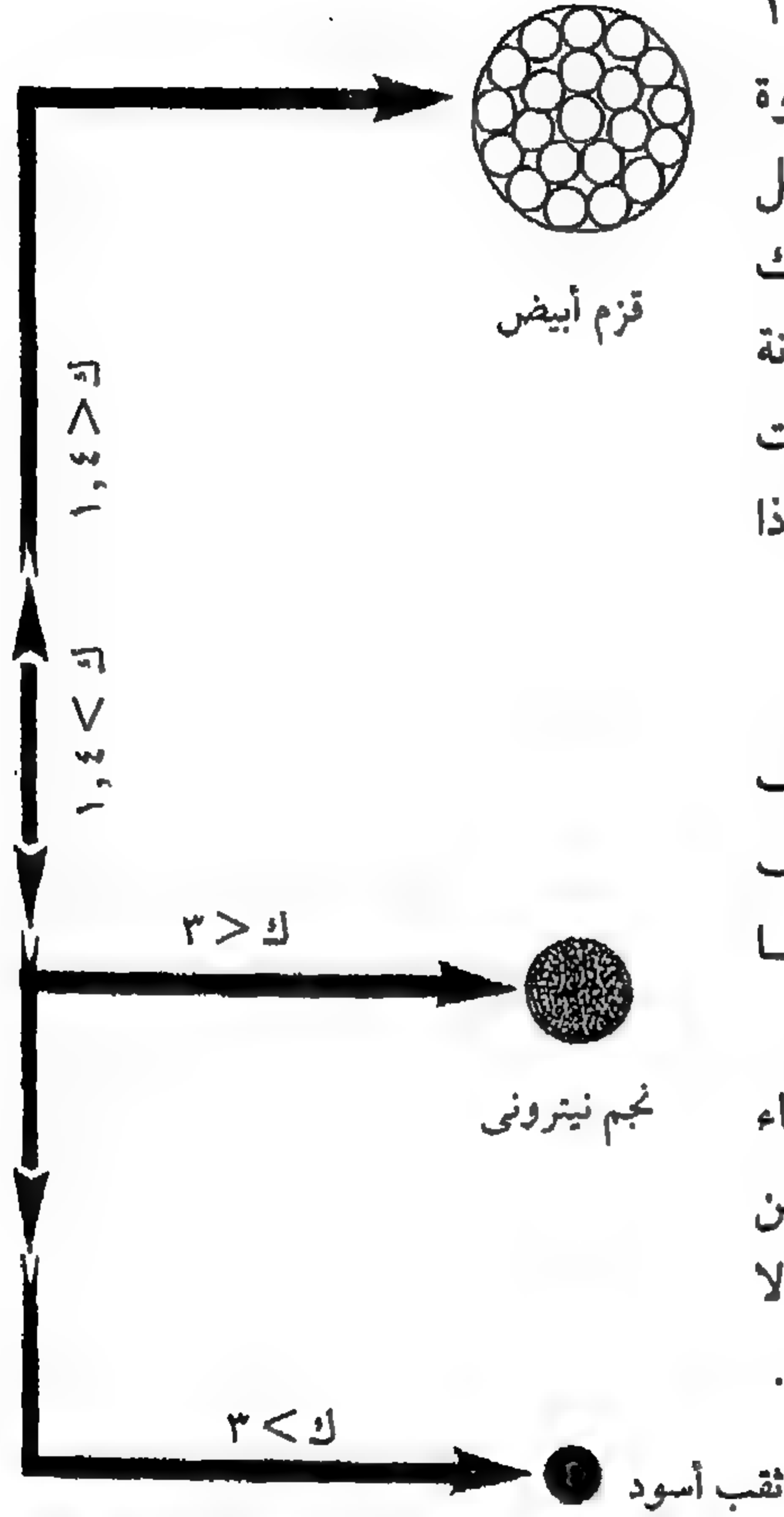
القزم الأبيض (نصف القطر = ١٦٠٠ ميل) إذا كانت k أقل من ١,٤ ينكمش النجم حتى تتداخل ذرات الغاز. عند ذلك تكون قوى التنافر بين الإلكترونات كافية لوقف عملية الانكماش.

النجم النيوتروني (نصف القطر = ١٦ كم) إذا كانت k أكبر من ١,٤ تتغلب قوة الجذب على مقاومة الإلكترونات مما يجعل الإلكترونات تسقط في النواة، عند ذلك تندمج الإلكترونات والبروتونات مكونة نيوترونات. ويقوم التنافر بين النيوترونات بوقف الانكماش الناتج عن الجذب إذا كانت k أقل من ٣.

الثقب الأسود

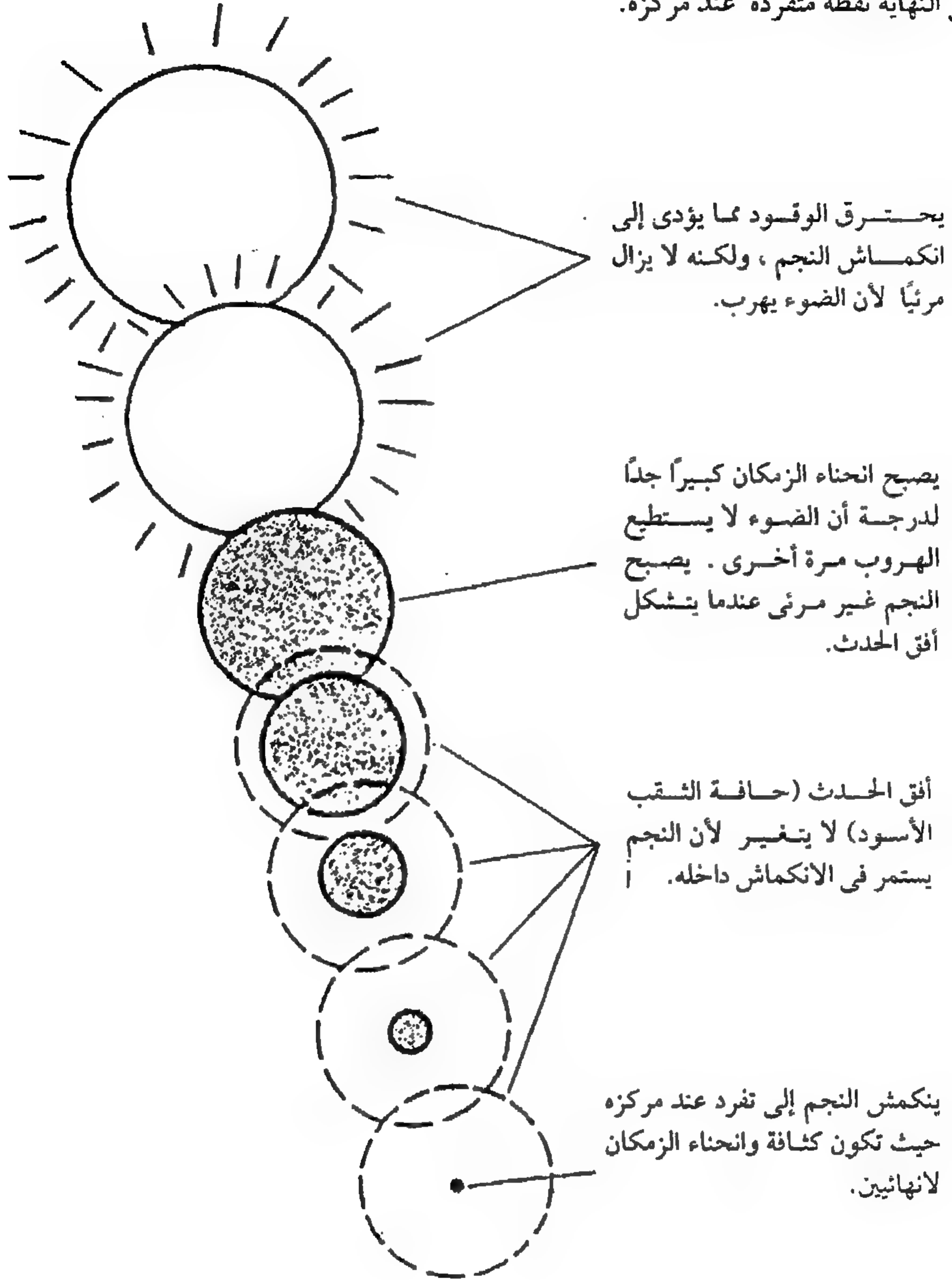
إذا كانت k أكبر من ٣ (ثلاثة أضعاف الكتلة الشمسية) لا يستطيع أى شيء وقف الانكماش. عند ذلك ينهار النجم تماماً ويختفي عن الرؤية؛ يتكون ثقب أسود.

تم تصوير بقايا بعض الأقزام البيضاء والتقاط نبضات النجوم النيوترونية الدوارة من خلال التلسكوبات اللاسلكية، ولكن لا يمكن رؤية الثقوب السوداء بصورة مباشرة.



في حالة الثقب الأسود يكون انحناء الفضاء كبيراً جداً لدرجة أنه عند نصف قطر معين (يسمى أفق الحدث) ينشئ الضوء المنبعث من سطح النجم إلى داخله، وهذا يعني أن الأشعة تدخل في النجم بدلاً من الابتعاد عنه، وبذلك يختفي النجم عن رصد نظر أى مشاهد خارجي.

تظهر هذه الدوائر متناقصة الحجم كيف أن النجم المحترق كبير الكتلة عندما يتناقص قطره يمر عبر أفق حدث ليشكل ثقباً أسود، ويصير في النهاية نقطة متفردة عند مركزه.



ماذا يحدث إذا طار شخص إلى داخل الثقب الأسود؟
 أجاب أينشتاين وعلماء النسبية على هذا السؤال الذي فاق الخيال العلمي فبناءً على
 حل أوبنهايمر وسنايدر أى شخص يدخل خلال الحدث الأفقى لا بد وأن يصطدم فى
 النهاية بنقطة التفرد مما يؤدي إلى كارثة فسيتم جذبه وعصره، وعندما يصل إلى مركز
 الثقب الأسود، وحينها سيشتد جسده بطريقة لا نهائية ليصبح لا نهائى الطول وينضغط
 عرضه ليصل إلى الصفر مثل الإسباجيتى !
 وحتى ذرات جسده سوف يحدث لها نفس الشيء !

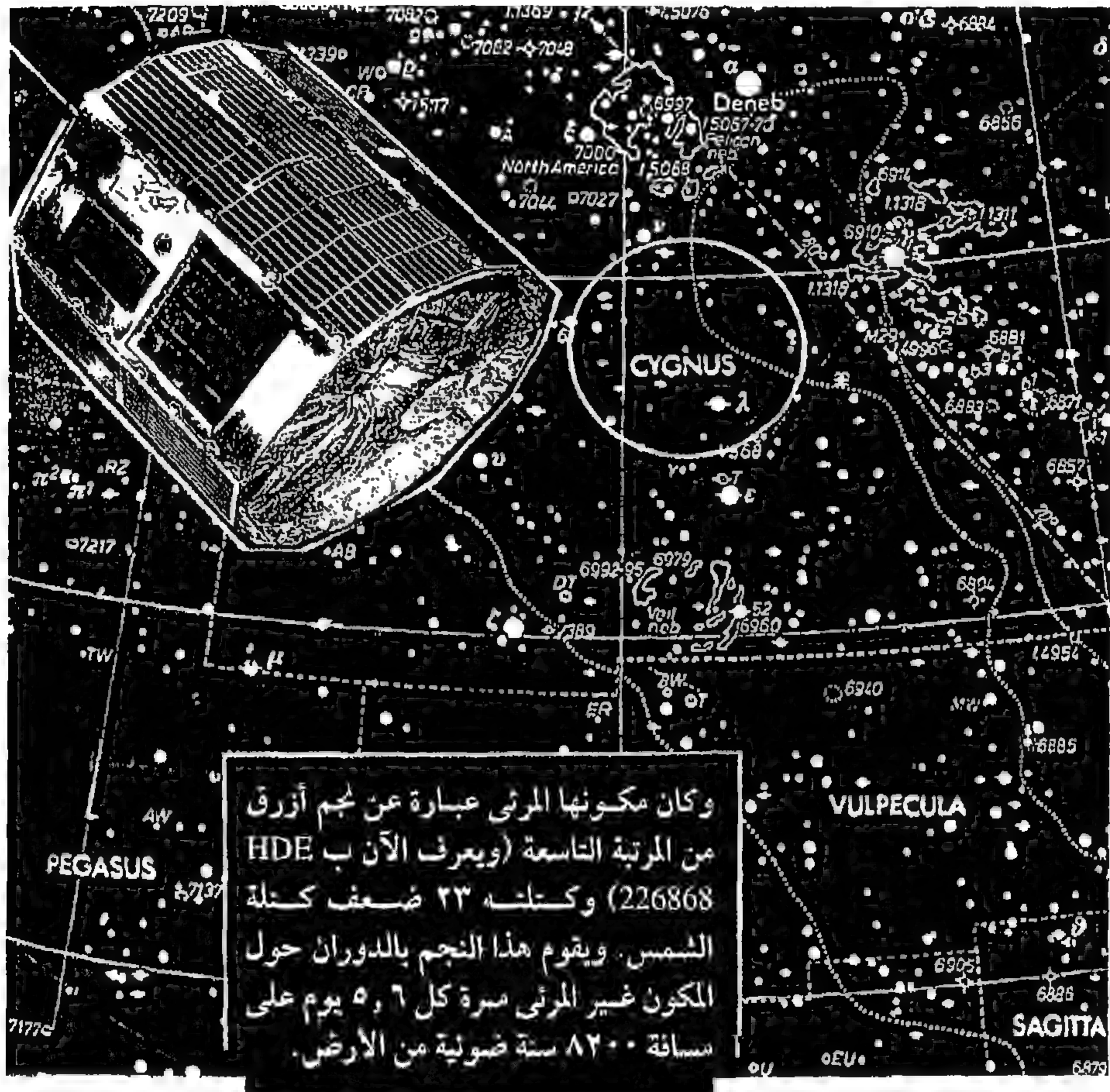


الدليل الرصدى للثقوب السوداء

ذكر ستيفن هوكينج أن هناك الآلاف والآلاف من الثقوب السوداء فى مجرة درب التبانة وحدها، ولكن حتى هذا اليوم لم يتمكن أى فلكى من ملاحظة اختفاء أى نجم معروف. لابد من استخدام طرق غير مباشرة مثل رصد نظام نجمى مزدوج يتكون من نجمين أحدهما مرئى والآخر غير مرئى (أى ثقب أسود). وقد كان لجون ويلر تشبيه ظريف عن هذا النظام.



فى ديسمبر عام ١٩٧٠ تم إطلاق قمر الأشعة السينية «أهورو» من ساحل كينيا. وكان علماء الفلك على وشك استخدام جزء آخر من الطيف الكهرومغناطيسى، وهى الأشعة السينية لجس السماء بدقة. وفى خلال سنتين تم التقاط ٣٠٠ مصدر للأشعة السينية. وكان أحد هذه المصادر فى المجموعة النجمية سجنوس ويسمى الآن (سجنوس X-١)) يشبه تماماً النظام النجمى المزدوج الذى كان ينتظره المتحمسون للثقب الأسود.



وبواسطة التقدير الجيد لكتلته والملاحظات المعتمدة لفترة الدوران HDE 226868 تمكن علماء الفلك من حساب كتلة المكون غير المرئى وهى ١٠ أضعاف كتلة الشمس. وهى كبيرة جداً، ولا يمكن أن يكون نجماً نيوترونياً، لذلك لابد أنه ثقب أسود.

سرعان ما طور المنظرون نموذجاً لتفسير الأشعة السينية ويعتقدون الثقب الأسود يقوم بمص المادة من شريكه المرئي صانعاً بذلك قرصاً تراكم حول نفسه. وتقوم الأجزاء الداخلية الساخنة والتي تتحرك بسرعة الضوء تقريباً بعمل انفجارات حادة من الأشعة السينية قبل اختفاء المادة الحلزونية داخل الثقب الأسود.

ومنذ اكتشاف سيجنوس X-1 تم إطلاق قمر صناعي آخر للأشعة السينية في عام ١٩٧٨ يسمى أينشتين. وقد قام هذا القمر برصد أكثر من ١٠٠٠ مصدر للأشعة السينية.

ومنها فقط اثنان أو ثلاثة تتوافق مع الثقب الأسود بينما المئات منها تعتبر نجومًا. ويبدو أن الطبيعة تفضل النجوم النيوترونية الأكثر استقراراً على الثقوب السوداء التي تسبب الكوارث.





إذا نظرت إلى مجموعة سجنوس النجمية التي تبعد ٨٠٠٠ سنة
ضوئية عنا تكون لديك فرصة كبيرة في مشاهدة الثقب الأسود. ويتم
مط وتشويه الجزء المرئي بسبب شريكه الثقب الأسود الذي يؤثر بقوة
جذب هائلة التي تقوم بجذبه لتجعله يبدو مثل البيضة

نص مرافقة ستيفن هوكينج مع كيب
ثورن أن سجنوس X-1 ثقب
أسود.

Whereas Stephen Hawking
has such a large investment in
General Relativity and Black
Holes and desires an insurance
policy, and whereas Kip Thorne likes
to live dangerously without an
insurance policy,

Therefore be it resolved that
Stephen Hawking bets 1 year's
subscription to "Penthouse" as ag
Kip Thorne's wager of a 4-year
subscription to "Private Eye", that
Cygnus X-1 does not contain a
black hole of mass above the
Chandrasekhar limit.

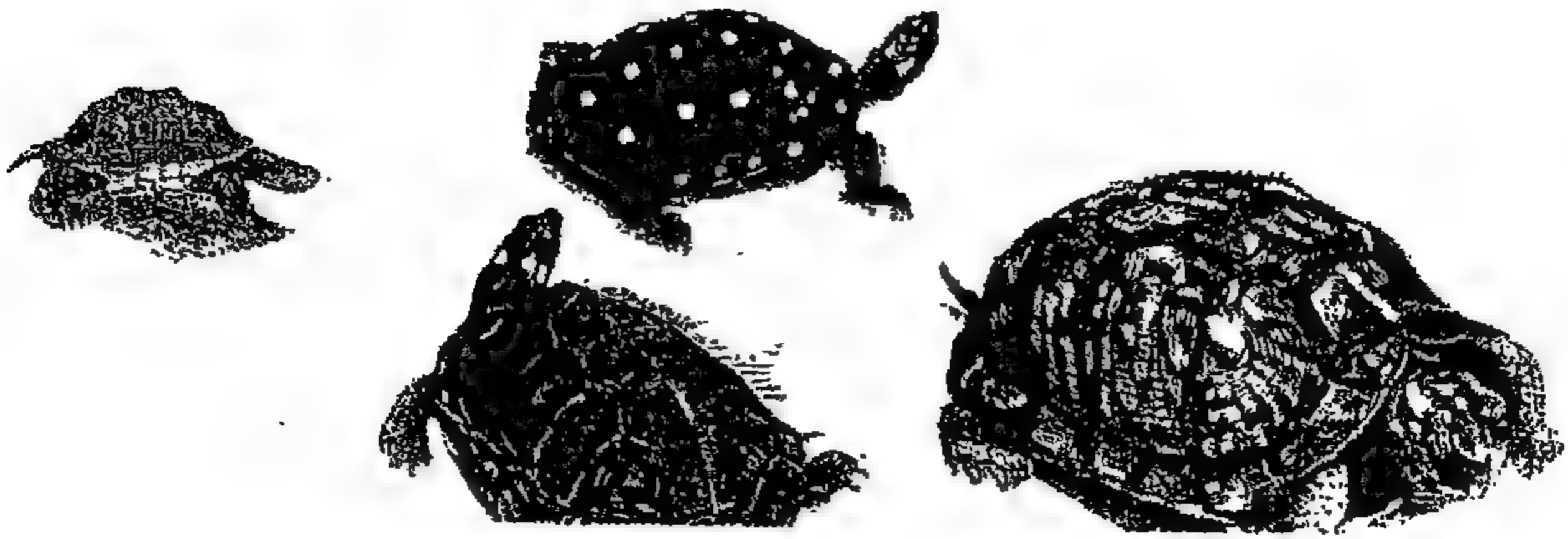
Stephen Hawking

Kip S. Thorne

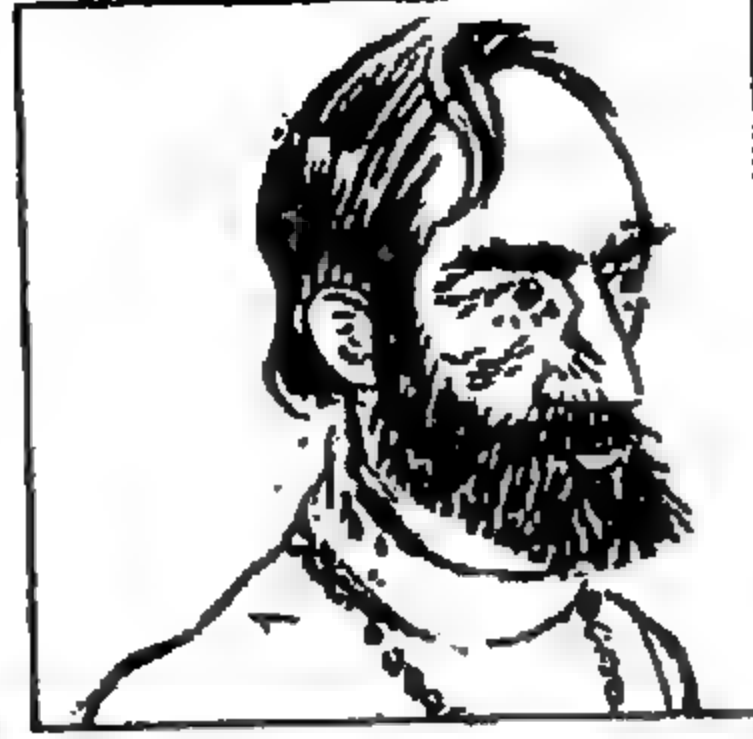
Witnessed this tenth
November 1974

السبعينيات : هوكنج والثقوب السوداء

في بداية السبعينيات سادت النسبية العامة والثقوب السوداء. وكان هوكنج في هذه الأحيان يحتاج إلى مشاية ذات أربع أرجل ليتحرك بها، ولكنه كان متزناً وجاهزاً للعمل. وكان يعمل باستقلال ويختار شركاءه في العمل من جميع أنحاء العالم. وكان يطبق الأساليب الرياضية المتقدمة التي وضعها بنروز (من الطبولوجي في الأساس) على خواص الثقوب السوداء. ولم يستطع جون ويلر ومجموعته البحثية في برنستون وزيلدوفيتش ومجموعته في موسكو وكذلك كيب ثورن أحد الذين يرعاهم ويلر في ذلك الوقت (في كاليفورنيا) لم يستطع كل هؤلاء مجازاة هوكنج. فقد تمكن من اتقان كل هذه الطرق الرياضية، وتقدم عليهم. وأصبح اسمه مقروناً بالبحث في الثقوب السوداء.

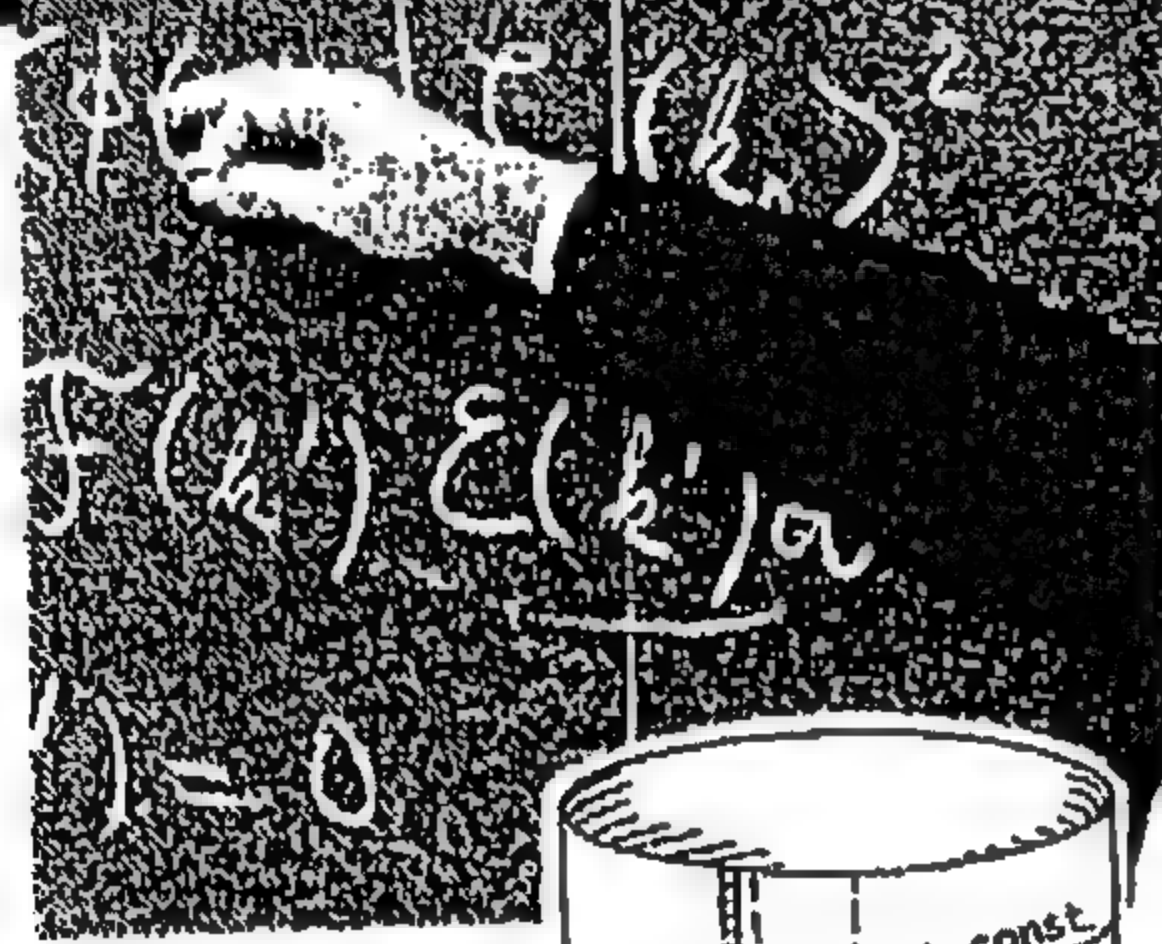
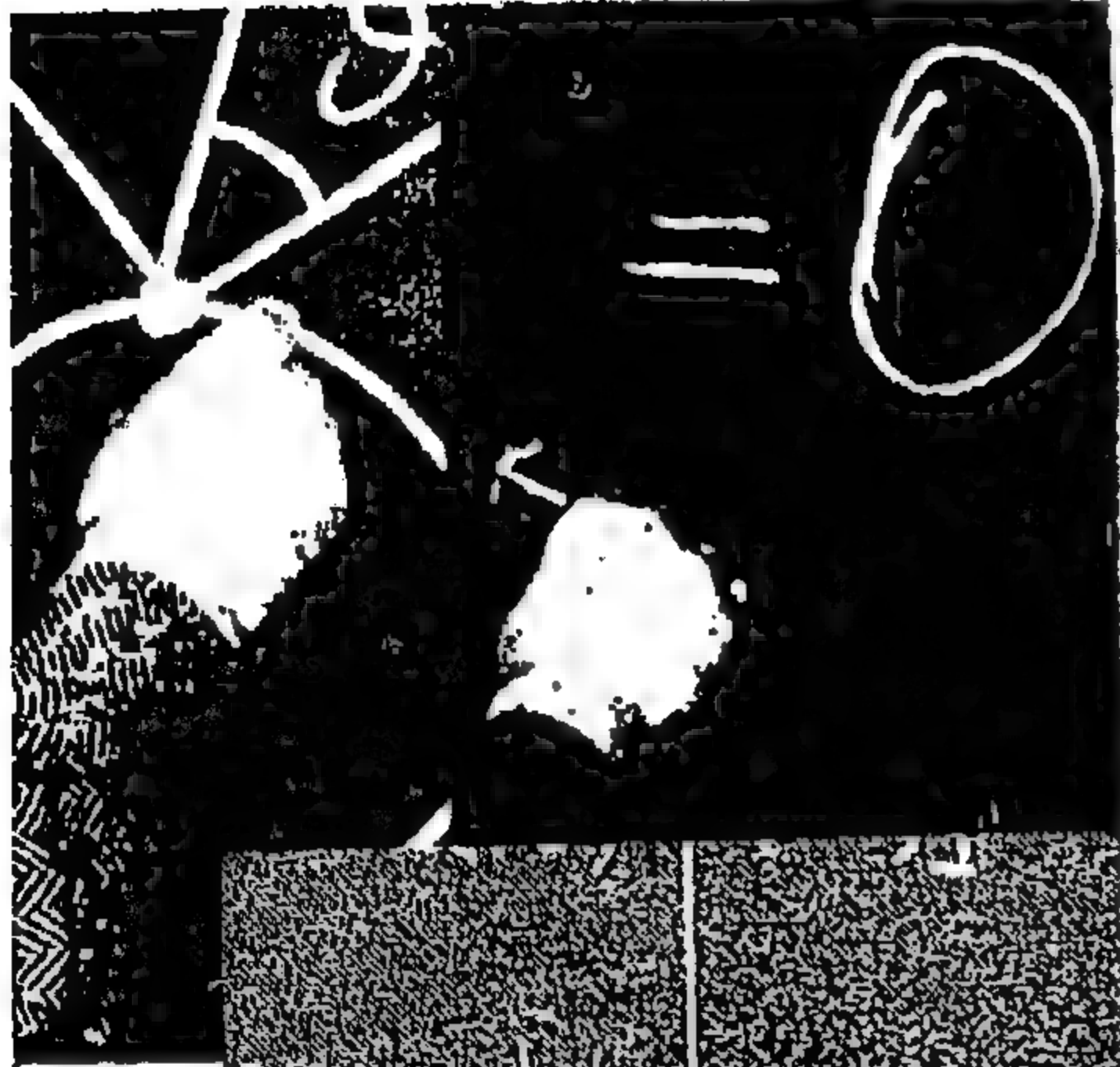


أصبح ثورن صديقاً حميماً لهوكنج ولاحظ تطوره عن قرب.

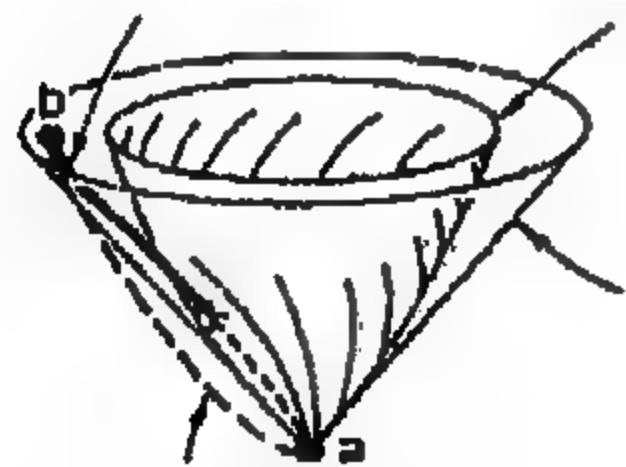


في نوفمبر ١٩٧٠ كان ستيفن هوكنج قد أصبح أحد كبار علماء الفيزياء. وكان له العديد من الاكتشافات المهمة بالفعل، ولكنه لم يكن شخصية ذائعة. ومع بداية السبعينيات صار ذائعاً ومع عجزه، كيف تمكن من التغلب في التفكير الحدس على زملائه ومنافسيه أمثال روجر بنروز وفرنر إسرائيل وياكوف بوريسوفيتش زيلدوفيتش؟!

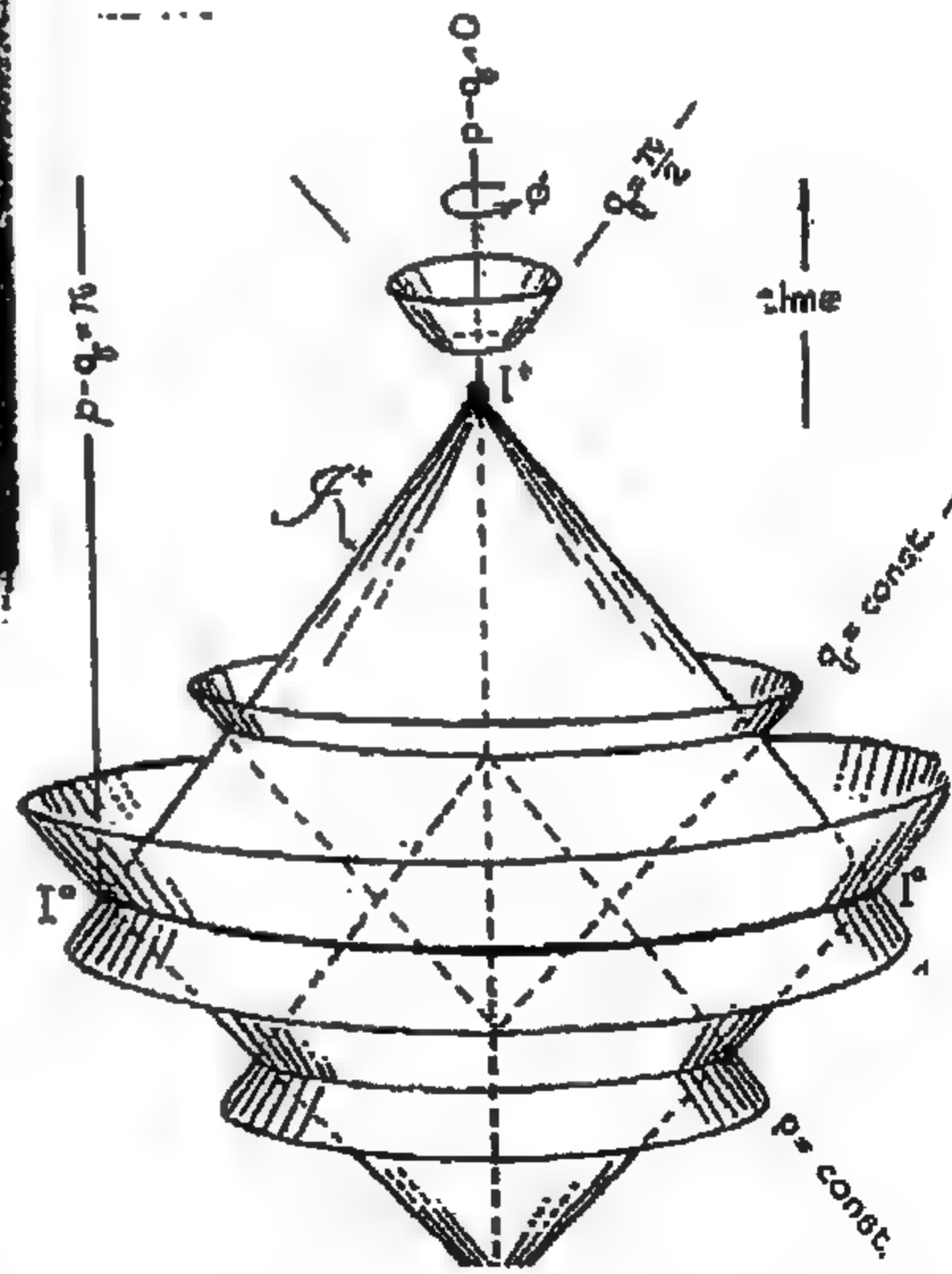
لقد كانت أيديهم سليمة فيستطيعون أن يرسموا أشكالاً ويجرون حسابات طويلة على الورق. وهي حسابات يقوم الشخص فيها بتسجيل نتائج مرحلية، ثم يعود ليستخدم هذه النتائج ويدمجها ليحصل على نتيجة نهائية، وهي حسابات لا أصدق أن أي شخص يستطيع أن يقوم بها في ذهنه.

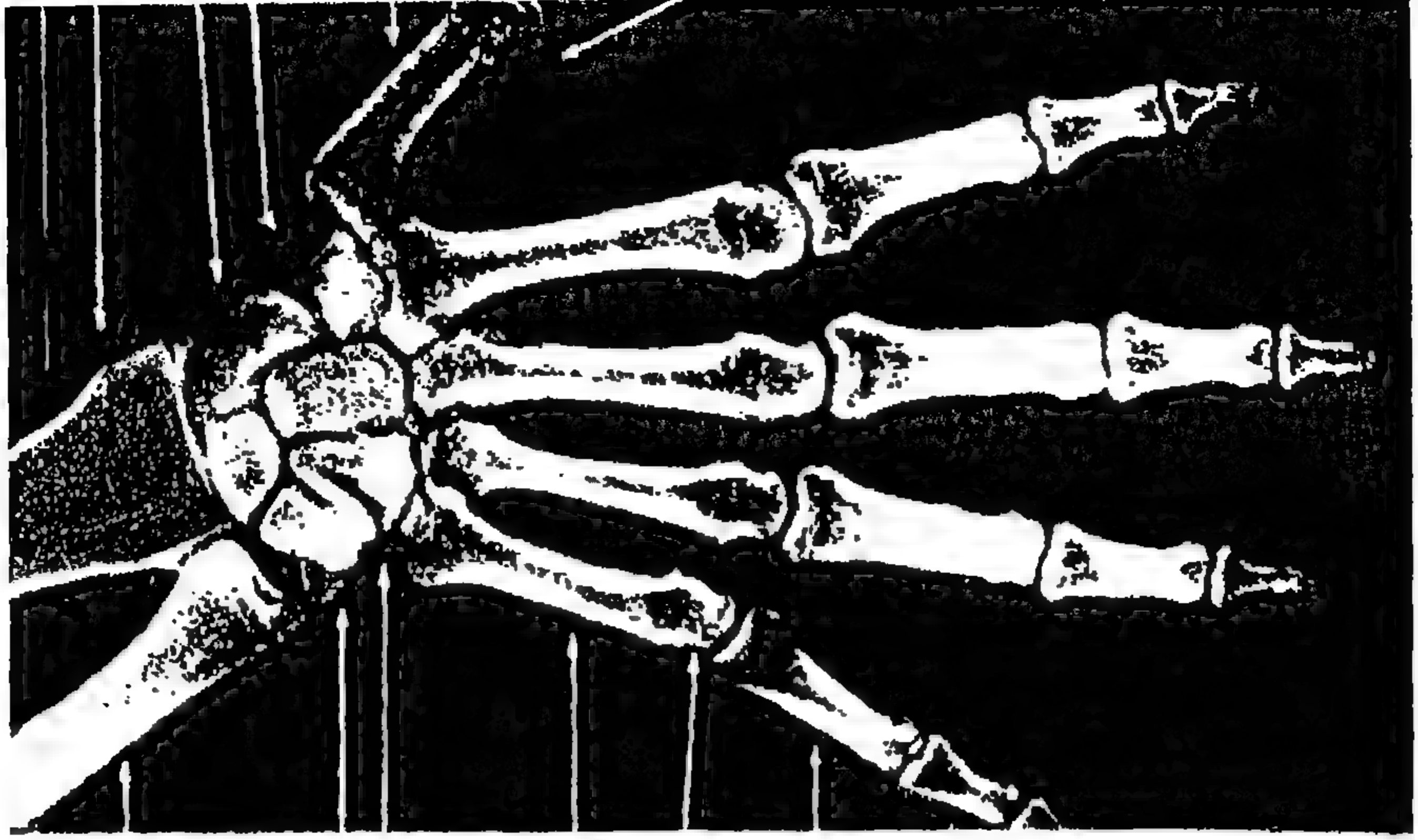


منحنى شبه زمني

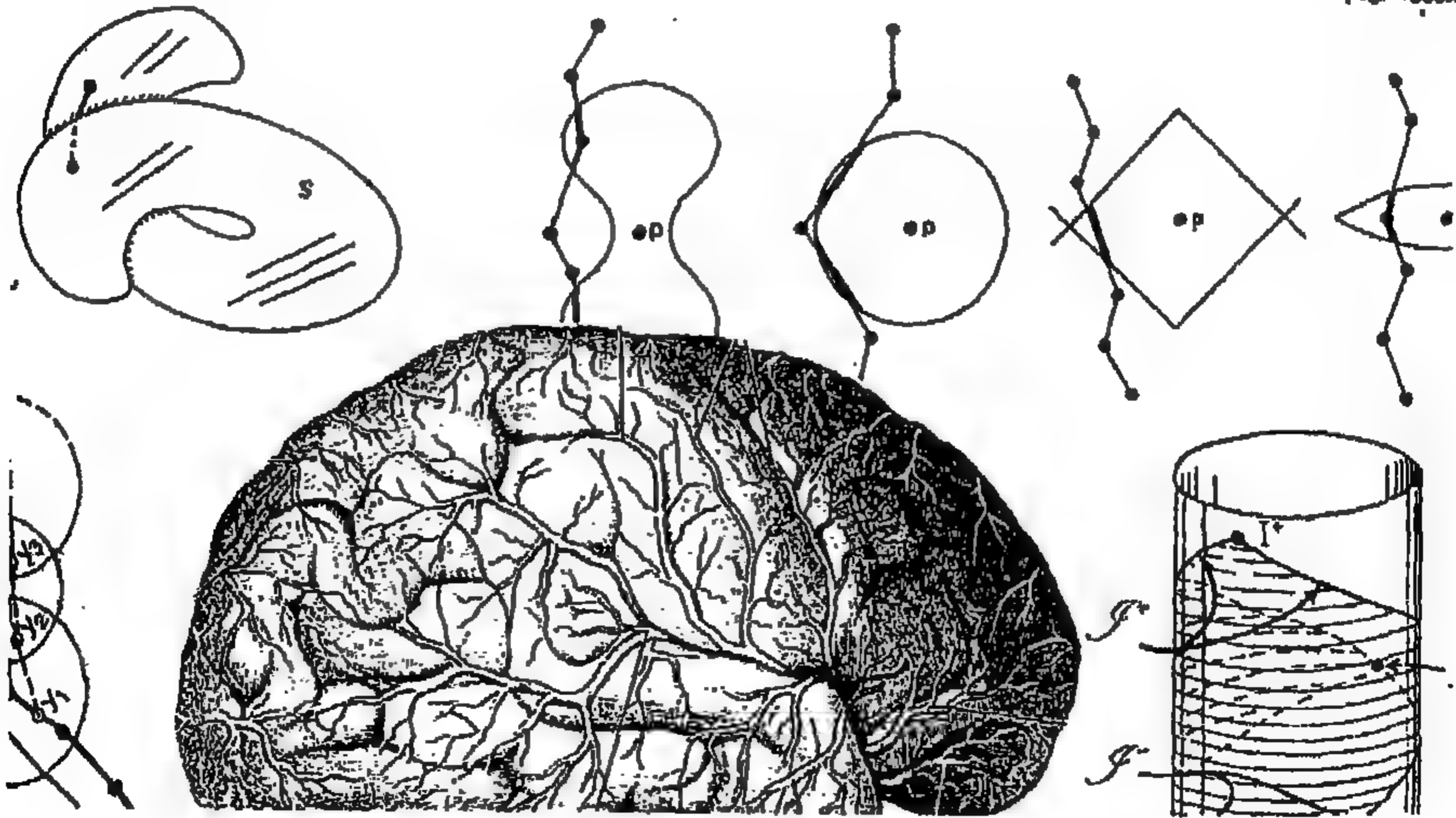


قياس مساحة شبه مكانية
بالنسبة لـ ∇



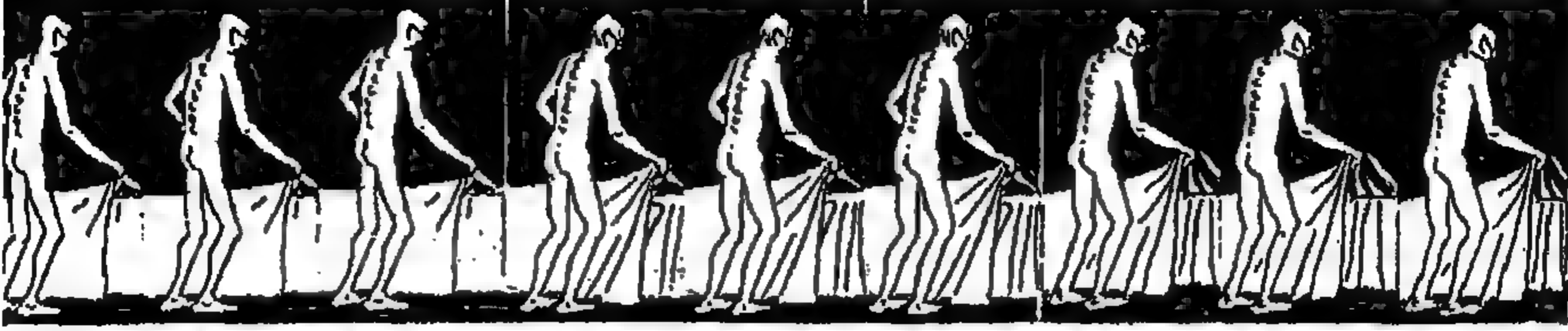


اتضح أن أشكال ومعادلات هوكنج الذهنية أقوى في بعض أنواع المسائل عن التي تستخدم فيها الورقة والقلم. وأقل فاعلية في بعض أنواع المسائل الأخرى، تعلم تدريجياً كيف يقوم بالتركيز في أكبر المشاكل التي يمكن أن تحلها طريقة الجديدة. ومع بداية السبعينيات كانت يدا هوكنج قد شلتا لدرجة أنه لا يستطيع أن يرسم شكلاً ولا حتى يكتب معادلة. وبذلك كان عليه أن يقوم بإكمال بحثه كله في ذهنه. ولكن لأن فقدان تحكمه في يديه كان تدريجياً كانت له الفرصة الكافية لكي يتكيف. ودرب ذهنه بالتدريج على التفكير بأسلوب مختلف عن طريقة تفكير علماء الفيزياء الآخرين. وكان يفكر في أنواع جديدة من الصور الذهنية الكلاسيكية والمعادلات الذهنية التي تحل محل الرسم باستخدام الورقة والقلم؛ المعادلات المكتوبة بالنسبة له.



لحظة الإلهام عند هوكنج

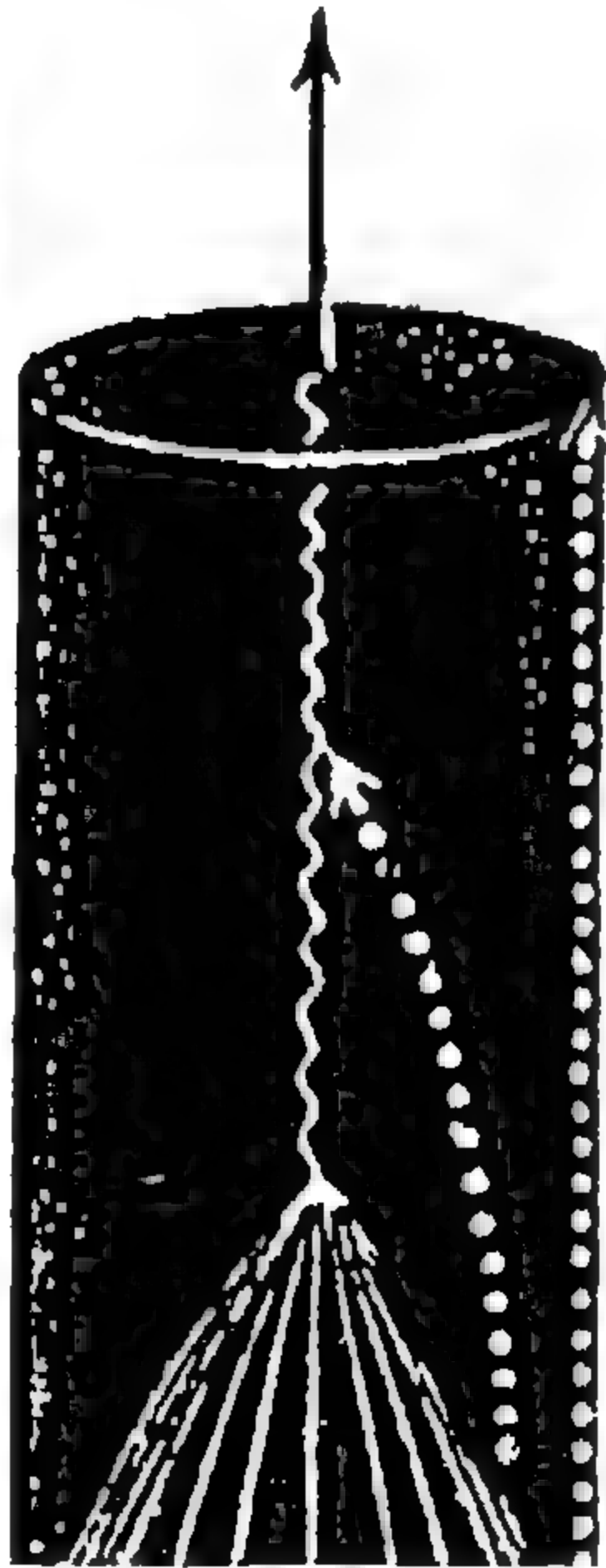
واحدة من المشاكل التي استخدم هوكنج الصور العقلية في حلها كانت دراسة المساحة السطحية للثقوب السوداء، والتي بدأت كمشكلة مبهمّة نوعاً في ديناميكا الثقوب السوداء أدت في النهاية إلى أعظم اكتشاف في الفيزياء. ومثلما الحال في أسعد فكرة عند أينشتاين يستطيع هوكنج أيضاً أن يتذكر بالضبط ماذا كان يفعل عندما تولدت في ذهنه بذرة أعظم فكرة عنده.



في إحدى الليالي في نوفمبر عام ١٩٧٠ بعد مولد ابنتي لوسي بقليل بدأت في التفكير في الثقوب السوداء حينما أريت إلى فراشي. وقد أدى عدم قدرتي على التحرك إلى جعل هذا التفكير يسير ببطء لذلك أخذت وقتاً طويلاً.

لقد لمعت في رأسي فكرة أن مساحة سطح الثقب الأسود لا يمكن أن تتناقص أبداً، مع الأخذ في الاعتبار بمسار أشعة الضوء التي تحلق فوق أفق حدث نقطتين أسودين.

ولم يكن يحتاج للورقة والقلم ولا حتى للكمبيوتر، فقد كانت الصور مرسومة في ذهنه.

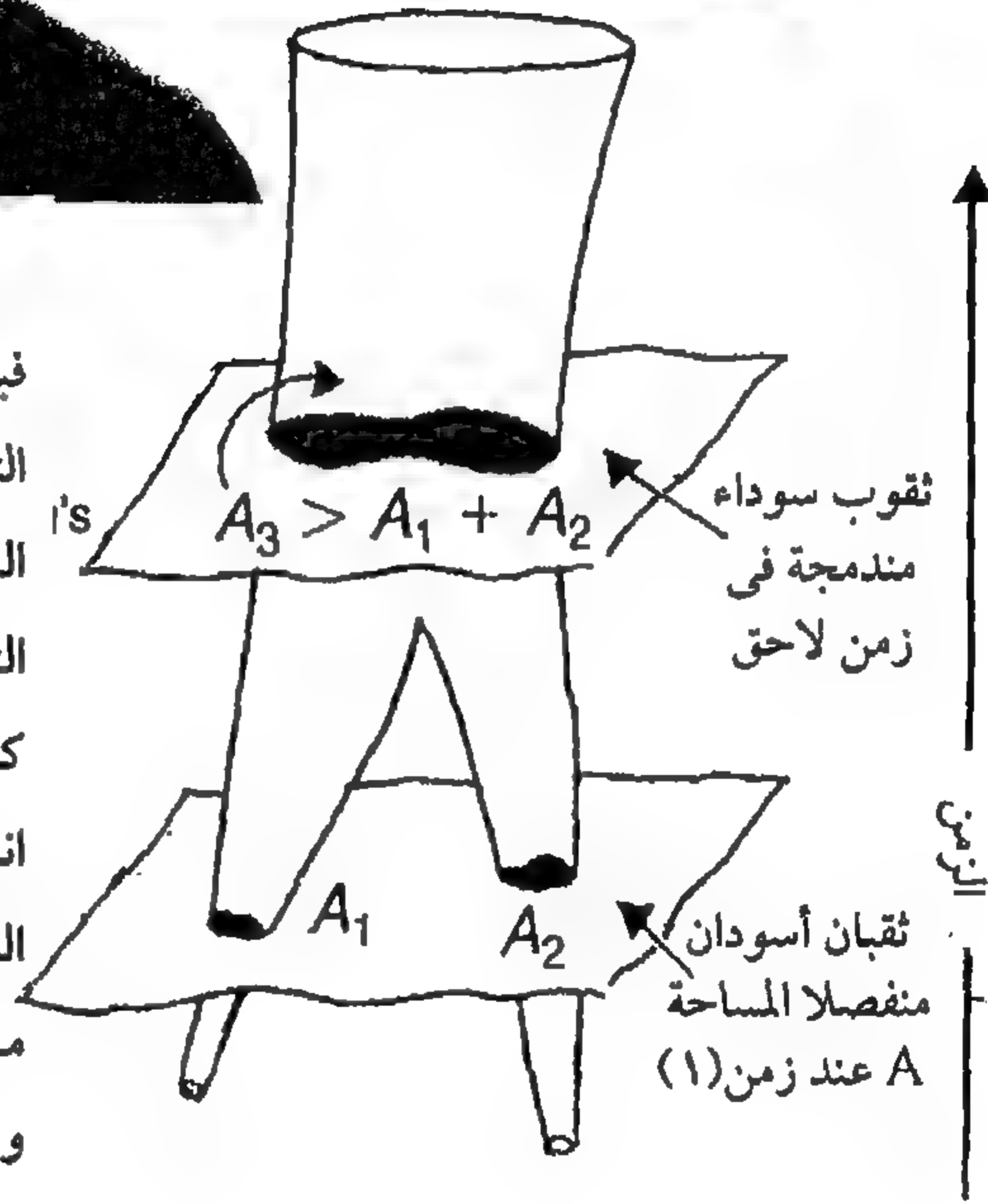




لا يمكن أن تقترب الأشعة الضوئية المكونة لأفق الحدث، أي حد الثقب الأسود، من بعضها البعض لذلك ربما تظل مساحة أفق الحدث (أي سطح الثقب الأسود) ثابتة أو تزداد مع الزمن ولا يمكن أن تنقص أبداً.

وإلا سيعني ذلك أن بعض أشعة الضوء عند الحدث ستقترب من بعضها البعض، وذلك مستحيل.

ربما لا تبدو هذه العبارة مذهشة، فيما أن لا يمكن أن يخرج أى شيء من الثقب الأسود، ويمكن لأى شيء الدخول فيه، كيف يمكن أن يقل حجم الثقب الأسود؟ ولكن فكرة هوكنج كانت أكثر عمومية من ذلك، حتى لو اندمج ثقبان أسودان تكون مساحة السطح الكلية دائماً مساوية لمجموع مساحتي الثقبتين معاً أو أكبر منها. ولا يمكن أن تتناقص. وقد نشر نتائجه هذه.



مساحة سطح الثقب الأسود يمكن أن تزداد فقط أو تبقى كما هي أو تزداد، ولكنها لا يمكن أن تقل.

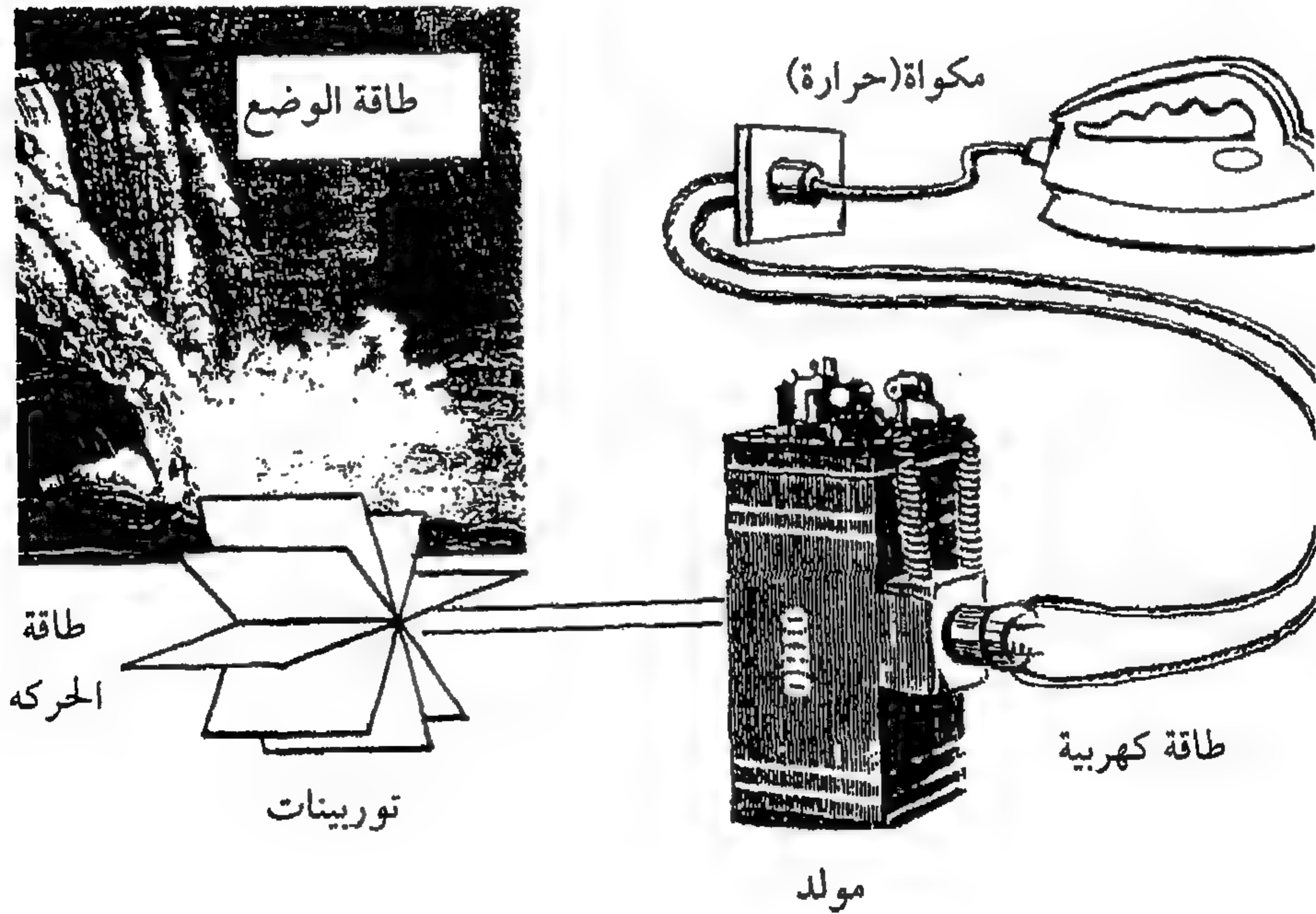
قانون زيادة المساحة لهوكنج.

هذه العبارة ... لا يمكن أن تقل ... جعلت العلماء يفكرون في الحال في كمية تسمى الانتروبيا تظهر في القانون الثاني للديناميكا الحرارية : أنتروبيا (خلل) أى نظام يمكنه أن تظل كما هي أو تزداد ولكنها لا تقل مطلقاً (إذا كان النظام معزولاً وترك ليصل إلى الاتزان).

هذا القانون الثاني للديناميكا الحرارية له تاريخ شيق جداً وبالفعل هو شيء تحتاج لمعرفته

قوانين الديناميكا الحرارية

خلال القرن التاسع عشر تم تطوير مجموعة من العلاقات الرياضية بواسطة علماء الكيمياء والجيولوجيا والفيزياء إدمجت العديد من المفاهيم المتباينة ظاهرياً في قوانين قوية قليلة . وقد تم توضيح أن كميات مثل الحرارة وطاقة الحركة هي عبارة عن صور مختلفة لنفس الشيء (الطاقة) التي كانت قد استخدمت بالفعل في وصف التأثيرات الكهربائية والكيميائية والمغناطيسية. الطاقة الكلية المتاحة في الكون (النظام المعزول الذاتى) ثابتة ويمكن أن تتحول من صورة إلى صورة أخرى . وأصبح ذلك معروفا باسم القانون الأول للديناميكا الحرارية



والقانون الثانى للديناميكا الحرارية أكثر براعة ولكنه له نفس العمق. وقد وضع هرمان فون هلمهولتس فى محاضرة ألقاها عام ١٨٥٤ أنه بمرور الوقت ستتحول كل الطاقة فى النهاية إلى حرارة عند درجة حرارة منتظمة، وستوقف كل العمليات الطبيعية. وهذا هو مبدأ الموت الحرارى للكون المبني على مبدأ تبديد الطاقة.

وهناك طريقة أخرى للتعبير عن هذا المبدأ اقترحها عالم الفيزياء الألمانى ردولف كلاوسيوس فى عام ١٨٦٥ .



وقد أوضح أن الانتروپيا الكلية لنظام ما تزداد دائماً كلما انتقلت الحرارة من جسم ساخن إلى آخر بارد. كما تزداد أيضاً عند تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة داخلية (حرارية) كما فى بعض التصادمات وعمليات الاحتكاك.

قدم عالم الفيزياء النمساوي لودفيج بولتسمان تعريفاً أكثر عمومية للأنثروبيا في عام

١٨٧٨ .



طبقاً لتعريفى، تعتمد الانثروبيا
على احتمالات ترتيب الجزيئات
فعلى سبيل المثال إذا كانت
هناك حالة لها عدد كبير جداً من
طرق ترتيب الجزيئات فإن لهذه
الحالة أنثروبيا كبيرة جداً.

إذا سقطت بيضة على
الأرض وانكسرت
لا يوجد احتمال
أن تعود إلى
شكلها الأصلي

ومن الممكن الآن تعريف مبدأ
تبديد الطاقة (أو القانون الثانى
للديناميكا الحرارية) ببساطة شديدة:
تميل أنثروبيا النظام المعزول دائماً إلى
الازدياد، ماذا يعنى ذلك ؟ يعنى ذلك
أن الحرارة لا تنتقل بنفسها من الجسم
البارد إلى الساخن. لم يكن لكرة أن
تقفز أعلى من وضعها بأن تحول
الحرارة إلى طاقة ميكانيكية، ولا
يمكن لبيضة مكسورة أن تعيد نفسها
إلى حالتها الأولى إذا حدثت
الأحداث العكسية، لن تنتهك أى
مبدأ من مبادئ ميكانيكا نيوتن.
لكنها ستقلل أنثروبيا نظام ما،
ولذلك يمنعها القانون الثانى
للديناميكا الحرارية. هذا القانون
يحدد مسار الزمن.

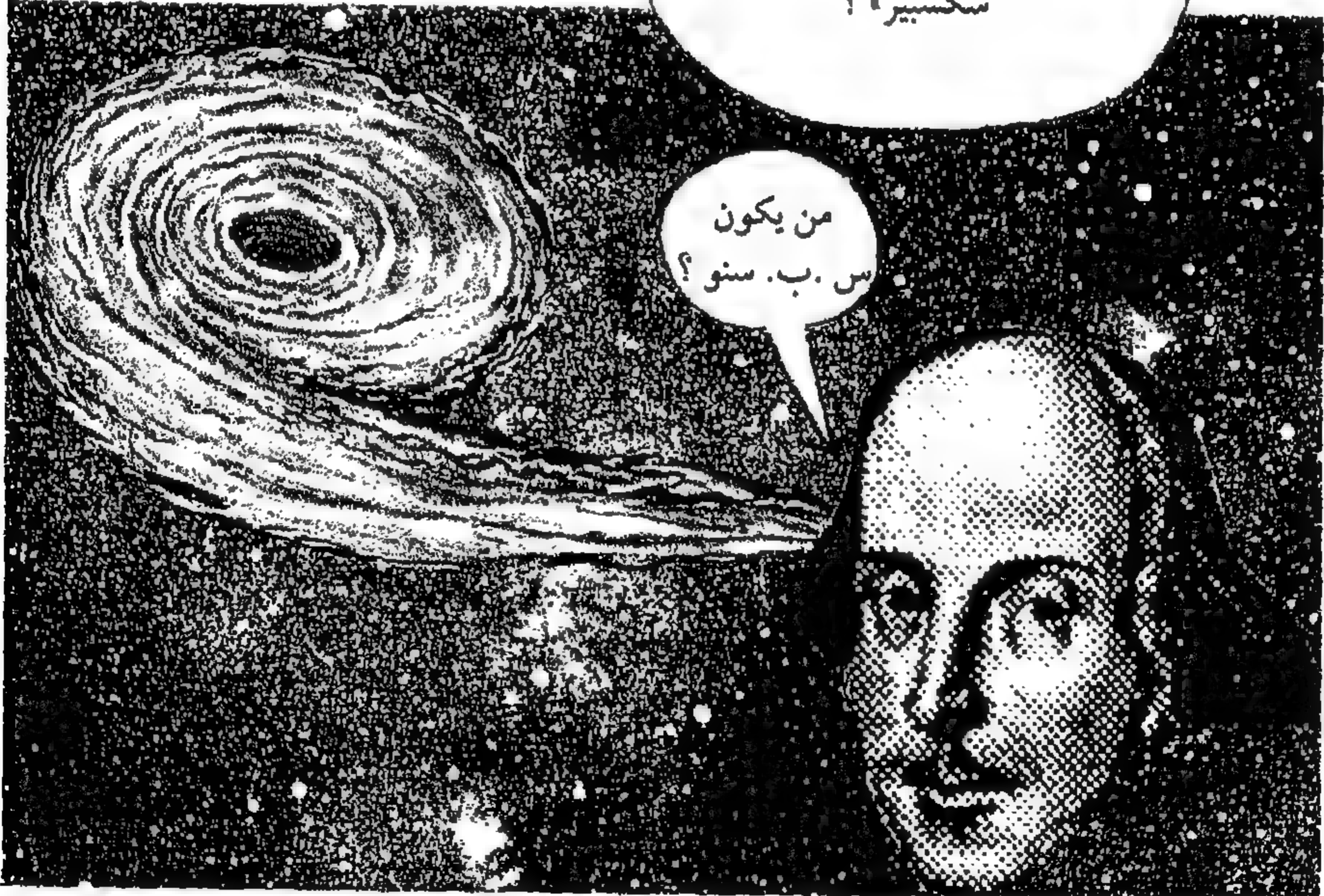
ما أهمية القانون الثانى للديناميكا الحرارية ؟ فيجب ألا يقل شيوع هذا القانون بيننا عن أى من مؤلفات وليم شكسبير؛ كما أشار الكاتب س . ب . سنو فى كتابه الشهير «الثقافتان والثورة العلمية».



دائمًا ما يطلق علماء الإنسانيات
ضحكة مشفقة على العلماء الذين
لم يقرأوا أبدًا أحد أعمال الأدب
الإنجليزى. يطلقون عليهم
المتخصصين الجاهلين !

وبغضب شديد سألت كثيرا لكى أحد
الذين يعرفون منهم القانون الثانى
للميكانيكا الحرارية، وكانت الإجابة دائماً
بالنفي

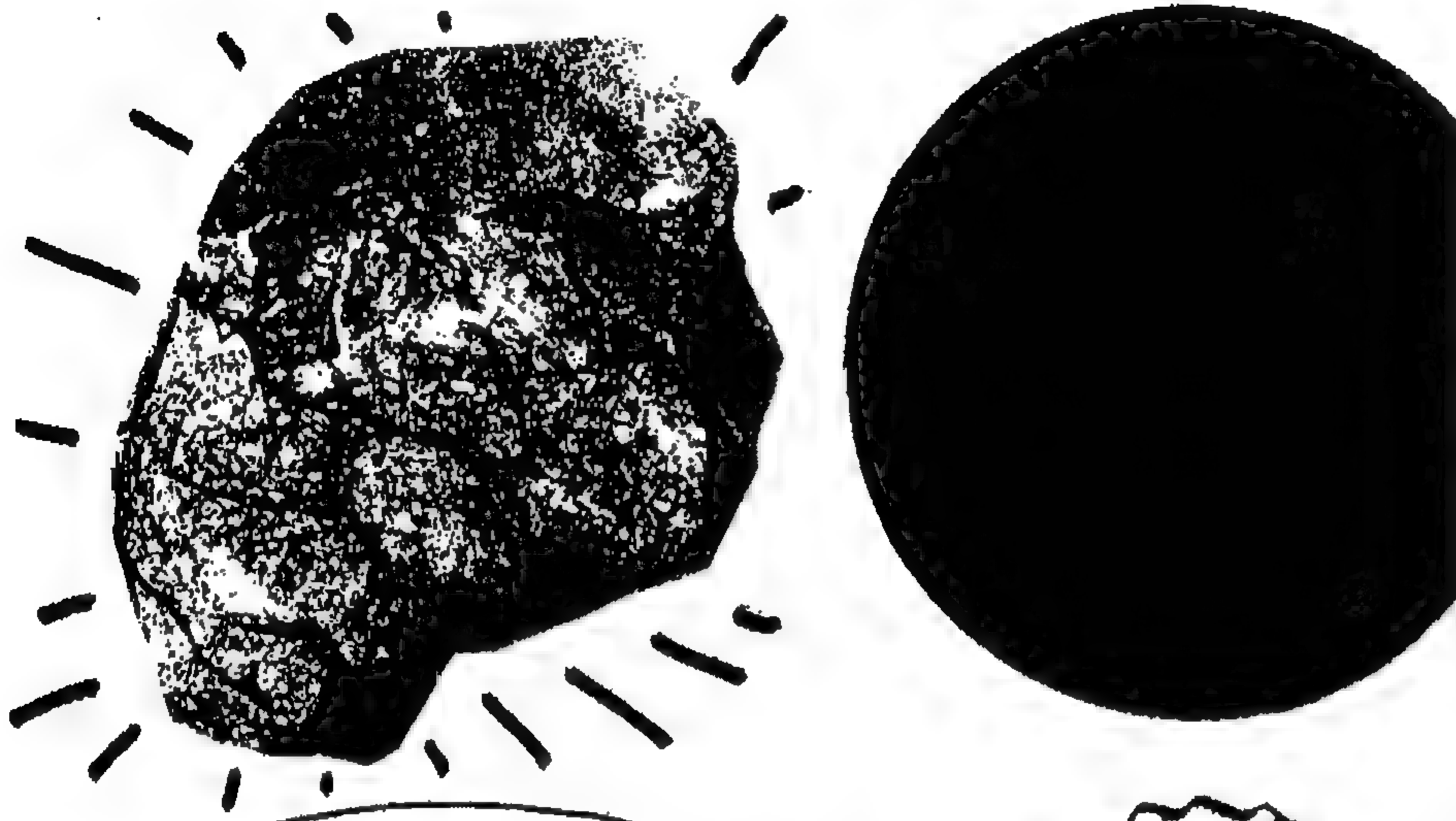
لقد سألت سؤالاً علمياً مكافئاً
للسؤال «هل قرأت أحد أعمال
شكسبير» ؟



من يكون
س . ب . سنو ؟

والآن نعود للثقوب السوداء ...

عندما تصل الأجسام إلى اتزان حرارى يكون لها درجة حرارة، وبالتالي يجب أن تبعث إشعاعاً حرارياً، أى تتبادل الطاقة مع المحيط من حولها. ولكن كل واحد يعرف أن الثقوب الأسود لا يشع أى شىء. وهذه هى الخاصية التى تعرف للثقوب الأسود. وبالرغم من أن أى شىء يمكن أن يدخل فى الثقوب الأسود ولكن لا يمكن أن يخرج أى شىء منه ولا حتى الضوء أو أى إشعاع آخر.



ولذلك فإن الشىء المفهوم لكل الناس أنه طالما الثقوب الأسود لا يشع أى شىء فلن تكون له درجة حرارة، وبالتالي ليس له انثروبيا. الثقوب السوداء مستقطعة من الكون وبالتالي ليست فى اتزان حرارى ...

أو كذلك اعتقد كل الناس.



كان هذا إلى أن بدأ أحد طلاب الدراسات العليا يعمل مع جون ويلر ويسبب المشاكل.

المولد الخلفى لفكرة جديدة

هذا هو الحوار الذى دار بين جون ويلر وطالب الدراسات العليا يعقوب بكنشتين فى برنستون فى نيو جيرسى.



نعود في غضون ذلك إلى قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية حيث يتحدث
هو كنج وبراندون كارتر عن بحث بكنشتين.



أغسطس ١٩٧٢ .

مدرسة لو هووش الصيفية في فيزياء الثقوب السوداء

في سفح تل في جبال الألب الفرنسية اجتمع هوكنج وجيمس باردين وبراندون كارتر ووحدوا قواهم من أجل استنتاج المجموعة الكاملة للقوانين التي تحكم تطور الثقوب السوداء من معادلات النسبية العامة لأينشتين. وعندما انتهوا كانوا قد وضعوا مجموعة من قوانين ميكانيكا الثقوب السوداء التي تتشابه إلى حد مذهل مع قوانين الديناميكا الحرارية. (مساحة سطح الثقب الأسود) $S = K_1 A$ الأنثروبيا. الجاذبية السطحية للثقب الأسود $T = K_2 G$ درجة الحرارة.



وفي غضون ذلك كان يعقوب بكنشتين طالب الدراسات العليا ما زال مقتنعاً بأن الثقوب السوداء لها أنثروبيا.



وبعد هذه المدرسة الصيفية استمر بكنشتين في تعريف مساحة سطح الثقب الأسود على أنها الأنثروبيا في المجلات العلمية. ولكنه لم يؤكد أن الثقوب السوداء لها درجة حرارة أو أنها يجب أن تبعث إشعاعاً، لقد كان بكنشتين غير متسق مع قوانين الديناميكا الحرارية.

وعلى الجانب الآخر استمر هوكنج فى مهاجمة استنتاجات بكنشتين ولكنه ازداد حيرة.



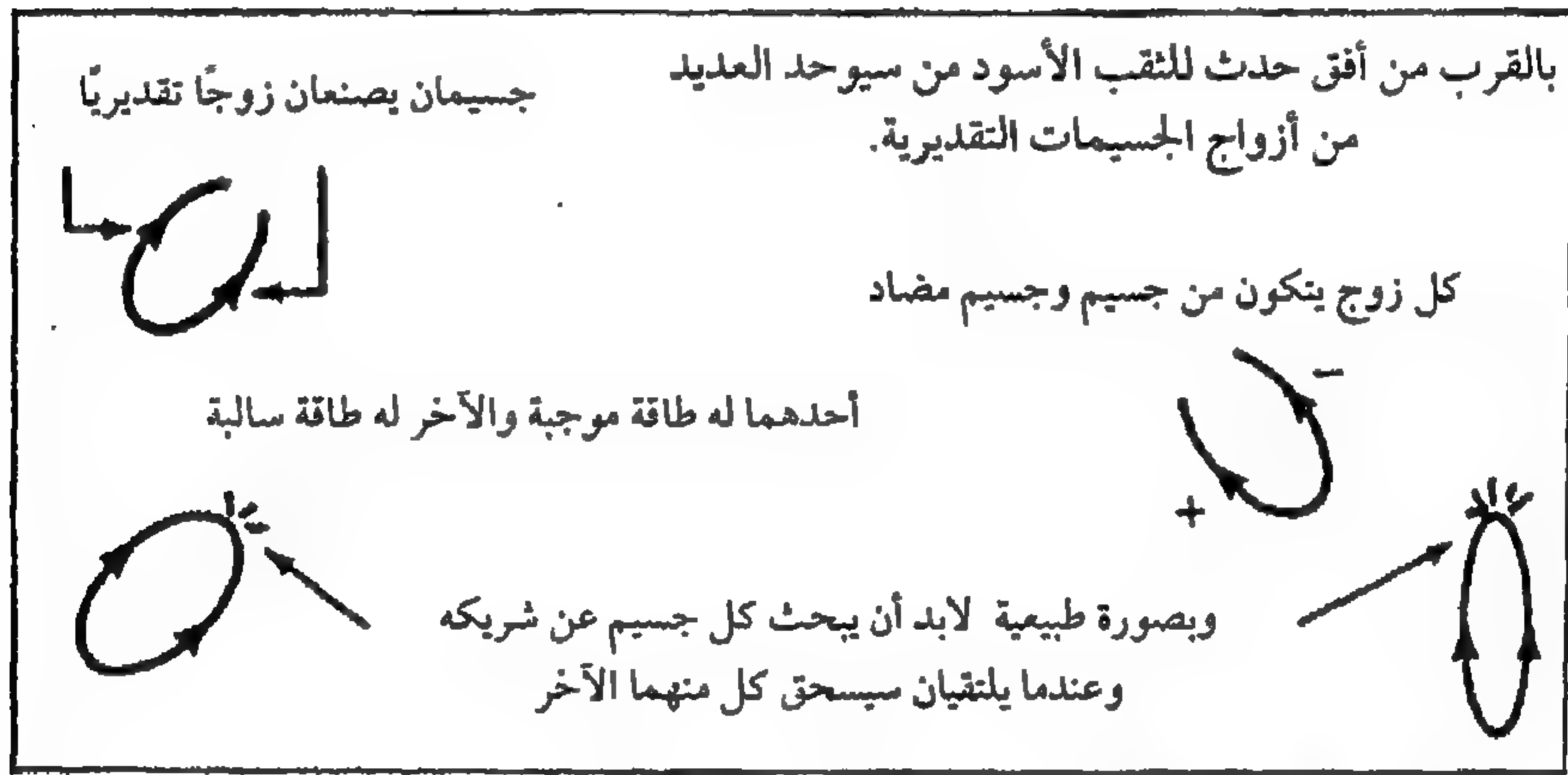
لقد تم إجراء كل الحسابات على الثقوب السوداء باستخدام تقريبات مبنية على نظرية النسبية العامة ، وهى صحيحة بالنسبة للأجسام الكبيرة. هذه التقريبات تجاهلت أى تأثيرات كمية (مبنية على نظرية ميكانيكا الكم) ، والتي بالتأكيد تبدو قليلة الشأن فى حالة الثقوب السوداء.



لقد حان الوقت لشيء نحتاج لمعرفته.

مبدأ الالايقين والجسيمات التقديرية

ينص مبدأ الالايقين، كما وضعه فيرنر هايزنبرج في عام ١٩٢٧ ، على أن هناك حدوداً لإمكانية ملاحظة كميات فيزيائية معينة (مثل الموقع وكمية الحركة والطاقة وحتى الزمن) بدقة. وهذه ليست حدوداً مرتبطة بأدوات القياس، ولكنها صفة متأصلة في الكون الذي لا يظهر أى كمية بدقة مطلقة. وإذا أخذنا في اعتبارنا الفراغ في الفضاء الخارجي، نظن أنه لا يحتوى أى شىء على الإطلاق وبالتالي ليس له طاقة صفرية. ولكننا لا يمكن أن نكون متأكدين من هذه الطاقة الصفرية لنفس السبب، فربما إذا أعمنا البحث نستطيع أن نجد قدرًا من الطاقة، على الأقل لوقت قصير.

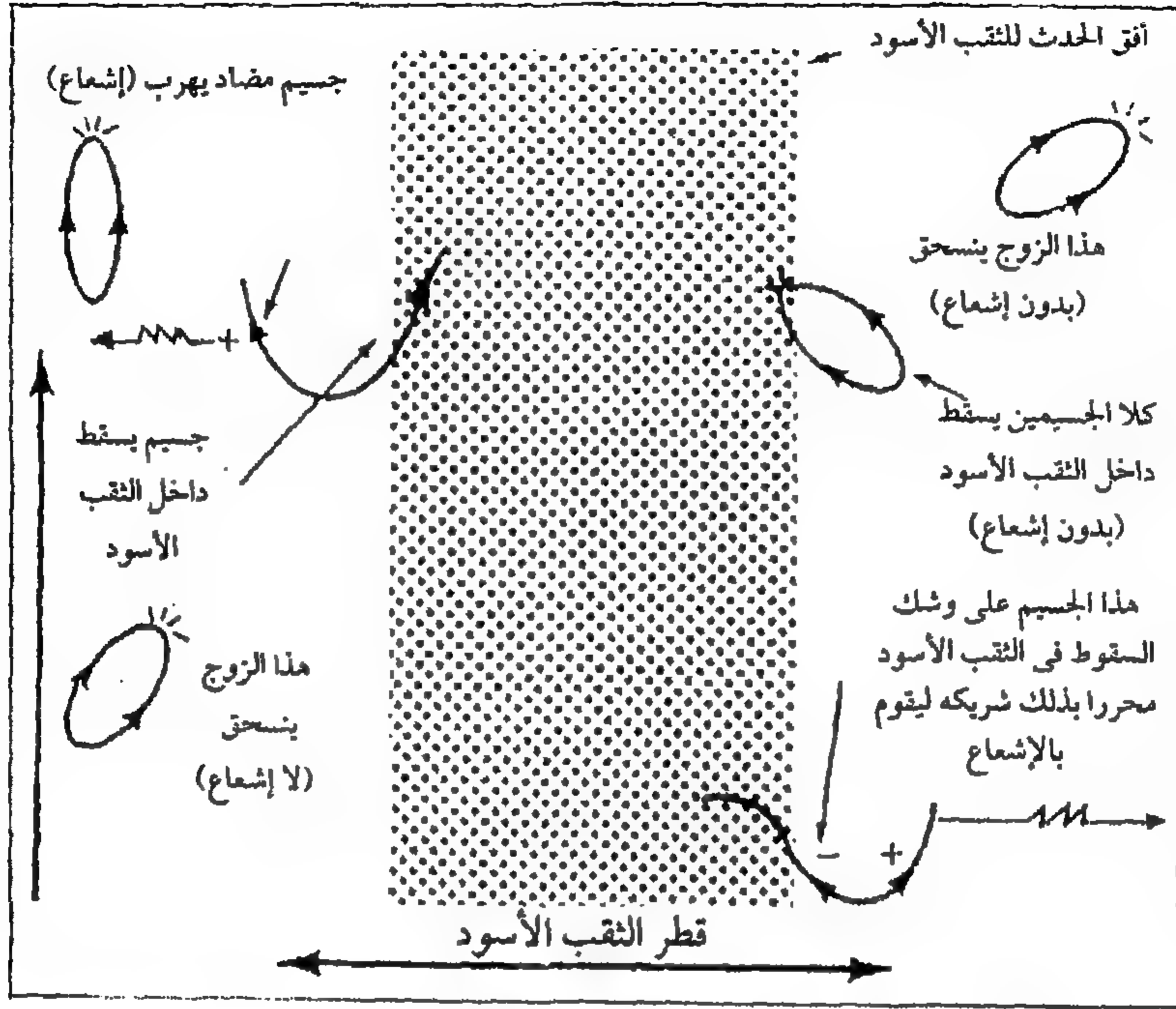


يتنبأ مبدأ اللامحقيقة بأن الطاقة من الممكن أن تظهر وتختفى باستمرار على مقياس يحدده ثابت بلانك (وهو صغير جداً) ولكن بواسطة معادلة أينشتاين $E = mc^2$ هذه الطاقة من الممكن أن تتحول إلى جسيمات وجسيمات مضادة التي تظهر وتختفى في الوجود.

وهذه تسمى الجسيمات التقديرية التي تظهر في كل مكان ولكن دون عتبة الواقع الملاحظ.



وقد أخذ هوكينج في اعتباره ما يمكن أن يحدث عند سطح الثقب الأسود (أى عند أفق الحدث) حيث يتفاعل مجال الجاذبية القوية مع هذه الأزواج التقديرية. وقد دمج ميكانيكا الكم والنسبية العامة لأول مرة فى حساب واحد. وما وجدته كان متميزاً تماماً.



لقد وجدت أن الثقوب السوداء ليست نامة السواد وإنما الإشعاع.



وقد بدا أن الجاذبية الشديدة عند سطح الثقب الأسود قد تجذب أحد جسيمى الزوج التقديرى إلى الثقب (طاقة سالبة)، مما يقلل كتلة الثقب الأسود بينما يهرب الجسيم الآخر (الطاقة الموجبة) فى شكل إشعاع ويمكن أن يكشفه الملاحظ يسقط فى الثقب الأسود.

وأكثر مظاهر هذه النتيجة روعة هو طبيعة الإشعاع فى الثقوب السوداء . فهى لها طيف إشعاع حرارى تام. وهذا يعنى أن هذه الثقوب السوداء تعتبر مثل أى جسم آخر فى الكون. وقد اتضح من ذلك أن الثقب الأسود لم يكن له أنتروبيا فقط، ولكن أيضاً له درجة حرارة ويخضع لقوانين الديناميكا الحرارية الكلاسيكية التى وضعت فى نهاية القرن التاسع عشر. وقد استخدم الكاتب العلمى دينيس أوفرباى فى كتابه عن علم الكونيات الحديث «القلوب المنعزلة للكون» استعارة رائعة لوصف أحاسيسه تجاه اكتشاف «هوكنج».



يبدو الأمر كما لو كان هوكنج رفع غطاء سيارة
من نوع فيرارى ووجد محركاً بخارياً قديماً بقرع
داخلها

وقد أُسرَ فريمان دايزون (وهو أحد أفضل علماء الفيزياء الرياضية في العالم) بالنظرية الجديدة التي وضعها هوكنج وكتب مقالة عنها بعد زيارة هوكنج لمعهد الدراسات المتقدمة في برنستون.



وقد كرهه هوكنج أن ينشر أفراده الجديدة، وعرضها على قلة من الزملاء المقربين عندما كان دنيس سياما يزور كمبردج قادماً من أكسفورد التي عين في قسم الفيزياء بها، قابل أحد طلابه السابقين وهو مارتن ريز الذي كان في ذلك الوقت في معهد الفلك في كمبردج.



فبراير ١٩٧٤ ، معمل راذرفورد - أبلتون، أكسفورد

رئيس الجلسة جون تايلور أستاذ الرياضيات المعروف ومؤلف كتاب شهير في الثقوب

السوداء يقدم هوكنج.



بعد ذلك خرج تايلور هائجاً من الجلسة وجلس هوكنج مصدوماً في سكون. وكان يعرف أن محاضراته ستثير الجدل ولكنه لم يتوقع أبداً شيئاً مثل هذا.

وبعد شهر من هذه اللقاء قام هوكنج بنشر بحث عن الإشعاع الجديد تحت اسم
 «انفجارات الثقوب السوداء» في مجلة الطبيعة Nature.
 وقد أصبح هذا البحث هو موضوع النقاش في كل أقسام الفيزياء في كل مكان
 وصاحبه العديد من الشكوك.
 وبعد أربعة أشهر قام نايلور وبول دايفيد وهو زميل في King colleg، بلندن،
 بنشر رد في نفس المجلة، هل تنفجر الثقوب السوداء فعلاً؟

انفجارات الثقوب السوداء Black hole explosions?

QUANTUM gravitational effects are usually ignored in calculations of the formation and evolution of black holes. The justification for this is that the radius of curvature of space-time outside the event horizon is very large compared with the Planck length $(G\hbar/c^3)^{1/2} \approx 10^{-33}$ cm, the length at which quantum fluctuations of the metric are expected to be important.

$$b_i = \sum_j \{ \bar{\alpha}_{ij} a_j - \bar{\beta}_{ij} a_j^\dagger \}$$

$$p_i = \sum_j \{ \alpha_{ij} f_j + \beta_{ij} f_j^\dagger \}$$

$$\langle 0_- | b_i^\dagger b_i | 0_- \rangle =$$

The author is very grateful to G. W. Gibb for his help.

S. W. HAWKING

Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics

Institute of Astronomy
 University of Cambridge

Received January 17, 1974.

هل تنفجر الثقوب السوداء فعلاً؟

The creation of particles out of regions of space-time where the curvature is very large is a theoretical difficulty, however, because it is only well understood in Minkowski space-time. In some simple cases, for example with cosmologies, or of black holes of the Schwarzschild type, the existence of a global timelike Killing vector field makes it possible to give a very plausible extension of the Mini particle. A number of exact results in these results (ref. 1, and C. J. Isham).

P. C. W. DAVIES
 J. G. TAYLOR

Department of Mathematics,
 King's College London, Strand,
 London WC2, UK

Received March 5, 1974.



لا يستهجن أحد
 فكرة هوكنج
 الجديدة مثلها



قام فريمان دايزون بمقارنة الصيغ التي وضعها «هوكنج» بنظرية «ماكس بلانك» العظيمة في عام ١٩٠٠ التي أدت إلى ظهور نظرية الكم.

وقد كتب هوكنج معادلة تشبه معادلة بلانك وهي $S=KA$ حيث S هو أنتروپيا الثقب الأسود و A هي مساحة سطحه أما K فهو ثابت. ولكن ما معنى قولنا بأن الأنتروپيا والمساحة هما نفس الشيء؟ ونحن بعيدون عن فهم هذه المعادلة تمامًا كما كان بلانك بعيداً عن فهم نظرية الكم في عام ١٩٠٠.

كل ما نستطيع قوله بالتأكيد هو أن معادلة هوكنج مفتاح لغز الثقوب السوداء. ويمكن أن نكون متأكدين من أن هذه المعادلة ستكون المبدأ الأساسي للنظرية التي لم تتكون بعد وستجمع بين الجاذبية وميكانيكا الكم والديناميكا الحرارية.

ربما أفضل طريقة للنظر إلى اكتشاف هوكنج أن تستخدم نظيراً تاريخياً. في عام ١٩٠٠ قام بلانك بكتابة المعادلة $E=hu$ حيث E هي طاقة الموجة الضوئية و h هو ترددها أما h فهو ثابت تسميه الآن ثابت بلانك. هذه المعادلة كانت بداية نظرية الكم ولكنها في عام ١٩٠٠ لم يكن لها معنى فيزيائي، لقد بدأ يكون لها معنى فقط بعد خمسة وعشرين عاماً عندما تم استخدامها في النظرية التي نسميها الآن بنظرية الكم.



هايزنبرج وشرودنجر

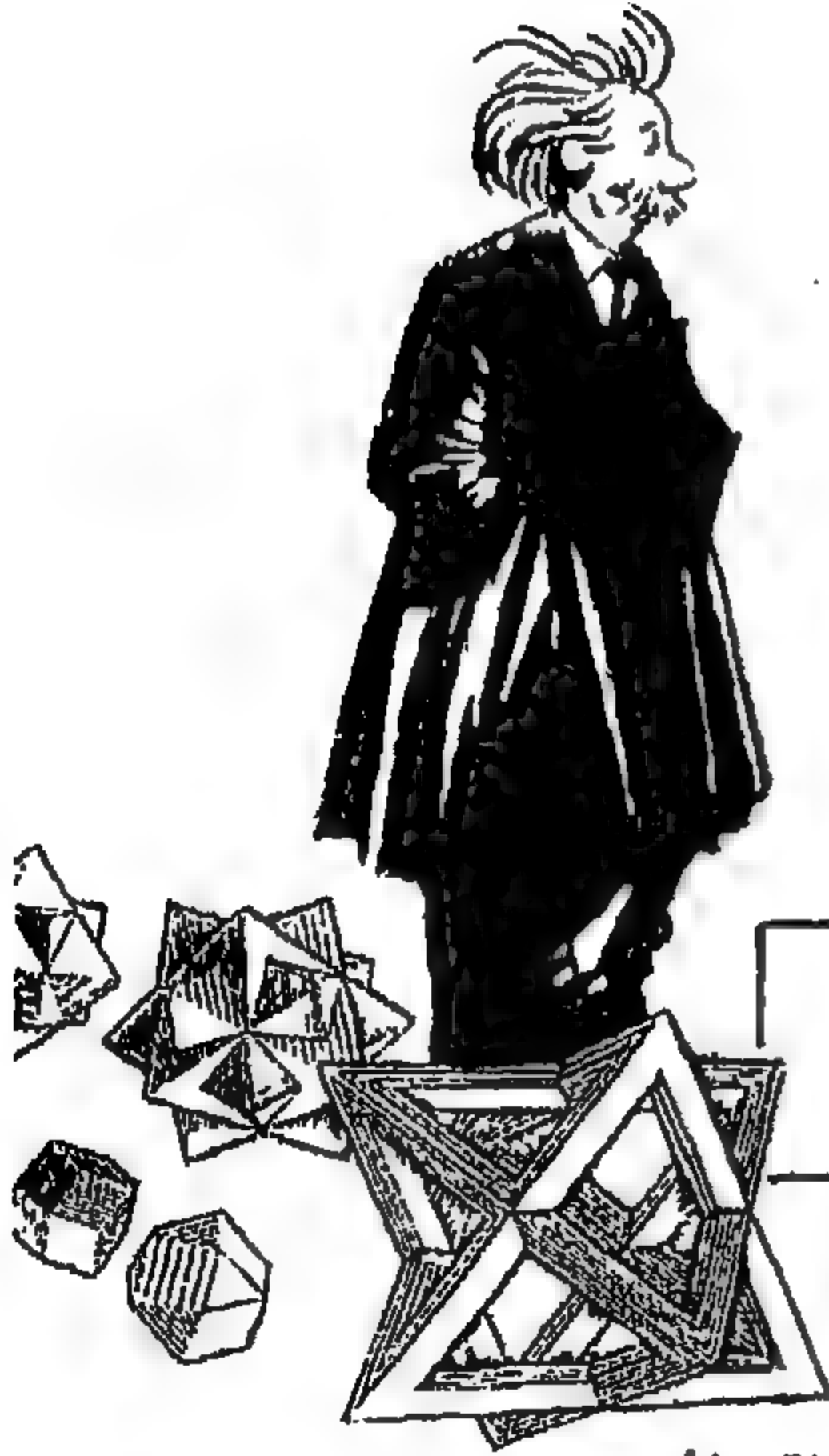
ميكانيكا الكم

١٩٢٧

مبدأ اللابتنى



إشعاع الثقب الأسود



أينشتين وأوبنهايمر

النسبية العامة

١٩١٥

الثقب الأسود

من غير المحتمل أن هناك أيضاً أكثر قوة للاتساق الذاتى
للفيزياء - خطوة أولى نحو جاذبية الكم. إن دمج ثلاث نظريات
متميزة فى الفيزياء هو الذى يجعل إشعاع هوكنج شديد الأهمية.



سلاويزوي وبولتسمان

الديناميكا الحرارية

القانون الثاني للديناميكا
الحرارية (الأنثروبيا)

(هوكنج)
(١٩٧٤)



وقد أتى إدراك أهمية أعماله سريعاً. فبعد أسابيع قلائل من نشر بحثه عن إشعاع الثقوب السوداء حصل هوكنج على أعلى شهادة شرفية في بريطانيا. وفي عمر ٣٢ عاماً أصبح زميل الجمعية الملكية وهو المنصب الذي جعله فخوراً جداً بالفعل.

وبعد ذلك بقليل تمت دعوة هوكنج لقضاء عام بأكمله خارج كمبردج في كالتش في بانادينا لدراسة علم الكونيات مع المنظر الأمريكي اللامع كيب ثورن، ومولت منحة دراسة خاصة هذه الدراسة.



تسلمت أثناء إقامتى فى كاليفورنيا خطاباً من الفاتيكان فى روما يخبرنى بأننى تم اختيارى بواسطة أكاديمية العلوم الباباوية لمنحى ميدالية البابا بيوس الحادى عشر. وبطريقة غريبة أحدث هذا التكريم تحولاً فى بحثه من الثقوب السوداء، إلى بداية الكون وكان هذا الأمر بالغ الأهمية بالنسبة للكنيسة الكاثوليكية الرومانية.

هوكنج والفاتيكان - جاليليو العصر الحديث

إن الكنيسة الكاثوليكية الرومانية لها اهتمام قوى بالنظريات العلمية عن السماوات. وقد طورت الكنيسة على مر القرون التعاليم العلمية، أرسطو (وهو فيلسوف جيد ولكن فيزيائي فاشل)، والنظام السماوي لبطليموس، وكلاهما جبل الأرض، والإنسان مركز الكون. ولضمان سيادة تعاليم الكنيسة، وفي عام ١٦٠٠ تم حرق جيوردانو برونو على الخازوق لأنه كان ينشر مبادئ كوبرنيكوس عن مركزية الشمس والتي تقول بأن الشمس، وليست الأرض، مركز الكون.



ومنذ ذلك الحين، تبنى الفاتيكان أبداع العلماء الذين يحاولون أن يجيبوا عن الأسئلة
النهائية للكون، ويبدو سعيداً الآن وهو يتودد لستيفن هوكينج، عالم الفلك الإنجليزي
البروتستانتي لماذا؟



لقد سارعت الكنيسة بقبول هذه الفكرة (أى حسب معايير الفاتيكان). وفى ٢٢ نوفمبر ١٩٥١ فى افتتاح لقاء أكاديمية العلوم البابوية، صرح البابا بيوس الحادى عشر، بأن فكرة لامايتر تتوافق مع المفهوم الكاثوليكي للخلق. لذلك كان أى عالم يدعم الانفجار العظيم سيكون بالتأكيد صديقاً لروما.





وقد كنت متحيراً إن كنت سأقبل أم لا
وذلك بسبب ما حدث لجاليليو . وعندما
وصلت روما لتسلم الجائزة أصررت على
زيارة مكتبة الفاتيكان لرؤية سجلات
محاكمة جاليليو .

ومع نهاية السبعينيات تحقق هوكينج من أن النسبية العامة لا يمكن استخدامها في وقت الانفجار العظيم، وذلك بسبب مبدأ اللامحتمية دمج النسبية العامة وميكانيكا الكم. وقد بدأ بالتفكير مثل المهراتين وكان يستكشف ...

ولكنه عاد إلى روما عام ١٩٨١ إثر دعوة لمؤتمر في علم الكونيات تحت رعاية الفاتيكان . وفي ذلك الحين كان لديه مجال جديد في البحث، وهو مجال بداية الكون. وكان لورقته البحثية عنوان فني جداً.

لقد استعدت اهتمامي بأصل ومصير الكون عندما حضرت مؤتمراً عن علم الكونيات في الفاتيكان عام ١٩٨١ . بعد ذلك حظيت بشرف مقابلة البابا الذي كان نجاشته من محاولة لاغتياله .



انغلقا.. في بحثه اقترح هوكنج أن الفضاء والزمن محدودان في سواهما ولكنهما منغلقان على نفسيهما بدون حدود أو حواف. وقد عُرف ذلك بـ «اقتراح اللاحدود». وإذا كانت هذه النظرية صحيحة فلن يكون هناك نقاط فردية وبذلك تتحقق قوانين الفيزياء في كل مكان بما في ذلك بداية الكون.

هوكنج والكون الأول



ولم يكن واضحاً في هذه اللحظة أن بحثي يتضمن أفكاراً عن منشأ الكون وذلك لأنه كان مكتوباً بلغة فنية له عنوان غامض «الشروط الحدية للكون» «الشروط الحدود للكون».

وقد بدأ هوكنج العمل بجد في دراسة الكون الأول، وما زالت هذه النقطة تشغل تفكيره حتى اليوم. وفي بحثه أمام الفاتيكان قدم لأول مرة «اقتراح اللاحدود»، وهو آخر أفكاره وأكثرها جذرية. وكانت تلك محاولة لتطبيق نظرية الكم على التفرد عند بداية الكون.

لماذا نحتاج نظرية الكم؟

في نموذج الانفجار العظيم للكون، تضع نظرية النسبية العامة برنامجاً موثقاً به لوصف تطور الكون من لحظات بعد الزمن = صفر إلى الوقت الحاضر. ولكن يفضل

هوكينج تعرف الآن أنه في البداية تنبأ النسبية العامة بالتفرد ونهاية النظرية. إنها نظرية كلاسيكية ولا يمكننا أن نصف الزمان والمكان من خلال معادلات أينشتاين. عندما نسحق المادة عند هذه الكثافات اللامعقولة، كيف يمكن للفيزياء أن تنبأ ببداية الكون مع العلم بأن كل القوانين تنهار عند الانفجار العظيم؟ لابد من استخدام نظرية الكم.

العصر الحالي
تطور حياة الإنسان

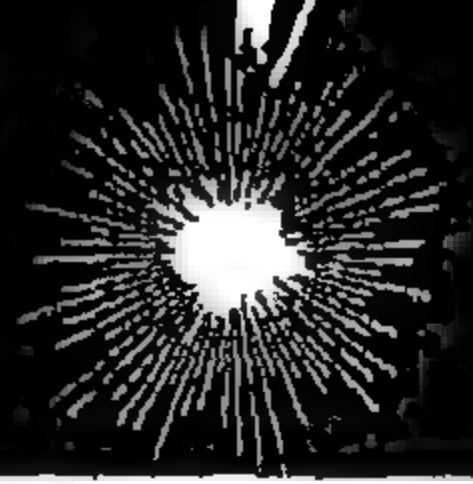


١٠ بلايين سنة بعد الانفجار العظيم، تكون النظام الشمسي

٥ بلايين سنة بعد الانفجار العظيم،
تطور مجرة درب التبانة

٣٠٠٠٠٠ سنة بعد الانفجار العظيم،
انفصلت المادة والإشعاع. ظهر إشعاع الخلفية الكونية.

بدأ تمدد الانفجار العظيم
للكون منذ ١٥ بليون سنة



5

١٥ بلايين السنين بعد الانفجار العظيم

15

علم الكونيات الكمي

بادئاً بهذا السؤال قام هوكنج ومعاونه جيم هارتل (جامعة كاليفورنيا) باستخدام اقتراح اللاحدود لتطوير فكرة جديدة في علم الكونيات الكمي. وعلى عكس المناهج السابقة قام هوكنج وهارتل باستخدام الزمن التخيلي لدراسة التفرد عند الانفجار العظيم.



وكان التفكير على النحو التالي، عند مولده، كان الكون في الحالة كمية . لذلك قام (هوكنج وهارتلي) بمعالجة الكون على أنه نظام كمي وحيد وحاولا تحديد دالته الموجية. وبطريقة أخرى، لقد قاما بتطبيق مبادئ ميكانيكا الكم العبارية على الكون ككل «قبل» بدء الانفجار العظيم.

وهذه هي أكثر
محاولات هوكنج الجادة
ليحقق ما لم يستطع
تحقيقه أينشتاين بعد
بلوغه عمر الخمسين،
وهو أن يضع بيضة
ذهبية أخرى.



هل انتهت ؟ لا تتمعجب . إن
محاولة فهم هذا الاقتراح يجعل
الانفجار العظيم يبدو وكأنه لعب
طفل. لكن دعنا نكمل ...

الجاذبية الكمية أو (ن ك ش)

عنوان البحث «الجاذبية الكمية» أو «ن ك ش» (نظرية كل شيء)، وهو مصطلح يضايق معظم الفيزيائيين، وقد أنتجت المحاولات التي قام بها علماء النسبية وعلماء الفيزياء المختصون بدراسة الجسيمات نتائج قليلة حتى الآن.



تماماً
مثلما فعلت عندما
حددت كمية المجال
الكهرومغناطيسي بالفوتونات
في نظريتي عن الديناميكا
الكهرية الكمية

المحاولات الكمية ! هل يمكن مدّها إلى الجاذبية ؟

ريتشارد فيمان ١٩١٨ - ١٩٨٨

وكالعادة سلك هوكنج مسلكاً مختلفاً في هذه المشكلة. لم يستخدم الجاذبية الكمية ، بل علم الكونيات الكمي هو الذي يضع الدالة الموجية للكون، وهذا مبني على «اقتراح اللاحدود» عنده

لقد أزعجني بشدة دائماً أنه إذا انهارت قوانين الفيزياء عند بداية الكون، فمن الممكن أن تنهار أيضاً في أى مكان آخر لهذا السبب قمنا بتقديم اقتراح اللاحدود الذى يزيل التفرد الموجود عند بداية الكون.

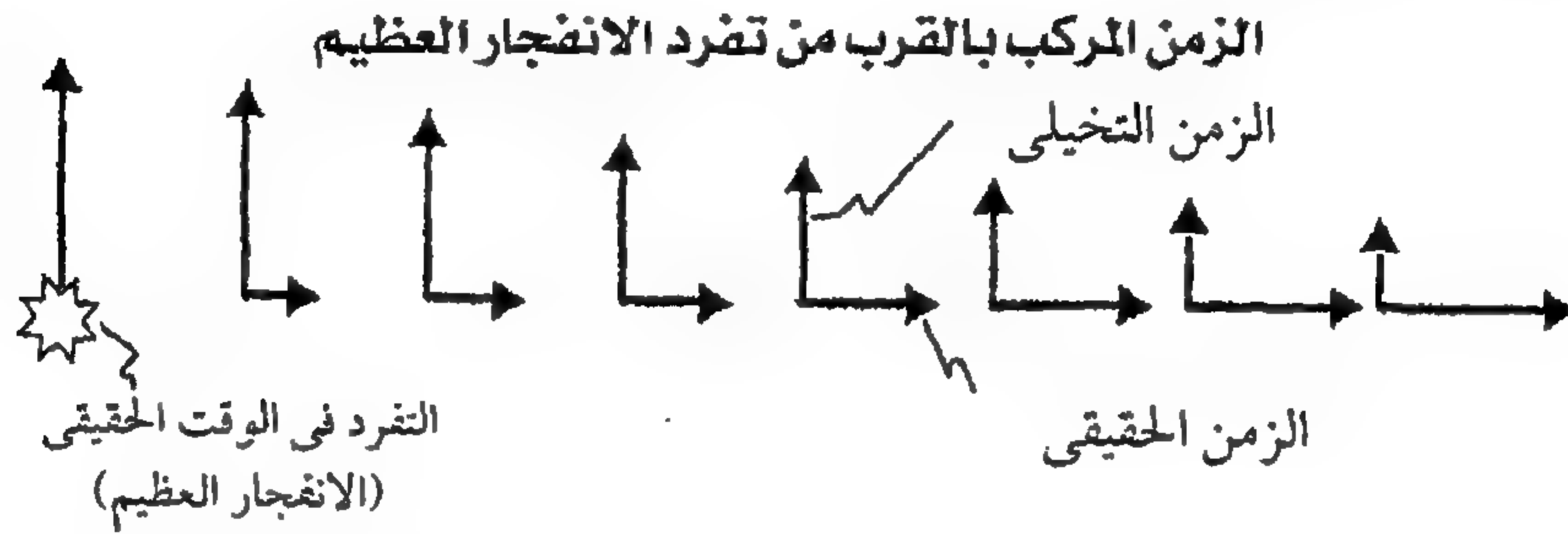
ولكن المشكلة بالنسبة لعلم الكون هي أنه لا يمكن أن يتنبأ بأى شيء عن بداية الكون دون فروض عن الشروط الأولية، كل ما نستطيع قوله هو أن الأشياء بالصورة التى عليها الآن لأنها كانت على صورة ما فى أول مرحلة

يعتقد العديد من الناس أن هذا هو ما يجب أن يكون. ويجب على العلم أن يدرس القوانين التى تحكم كيف تطور الكون. فهم يشعرون أن السؤال عن الشروط الأولية للكون التى تحدد كيفية بدايته هو سؤال لعلماء الميتافيزيقا أو علماء الدين وليس للعلماء



علم الكونيات الكمي والزمن المركب

والآن ما الجديد في علم الكونيات الكمي ؟ لقد استخدم (هوكنج وهارتل) الخدعة الرياضية المسماة بالزمن المركب ليختبروا كل الأكوان الممكنة التي ربما تكون تكونت منذ الحالة الكمية الأولى. ينقسم الزمن إلى مكونين منفصلين أحدهما تخيلي والآخر حقيقي. وعلى عكس الزمن الحقيقي لا يتلاشى الزمن التخيلي عند الانفجار العظيم وبذلك تكون مفيدة عند التفرد. وتم استخدام إجراءات ميكانيكا الكم القياسية للوصول إلى دالة الموجية للكون

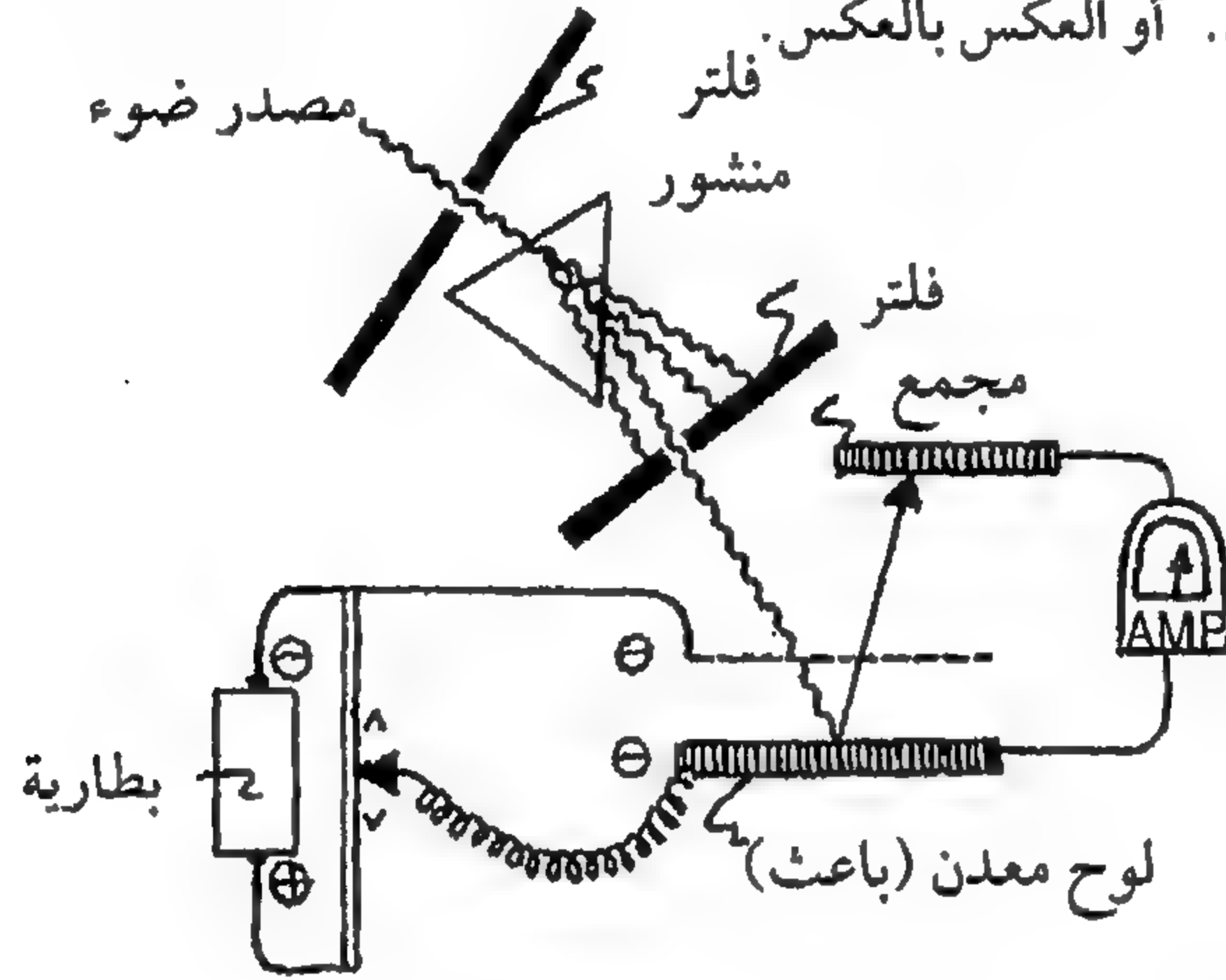


ولكن ما الإجراءات القياسية لميكانيكا الكم ؟ وما هي الدالة الموجية ؟



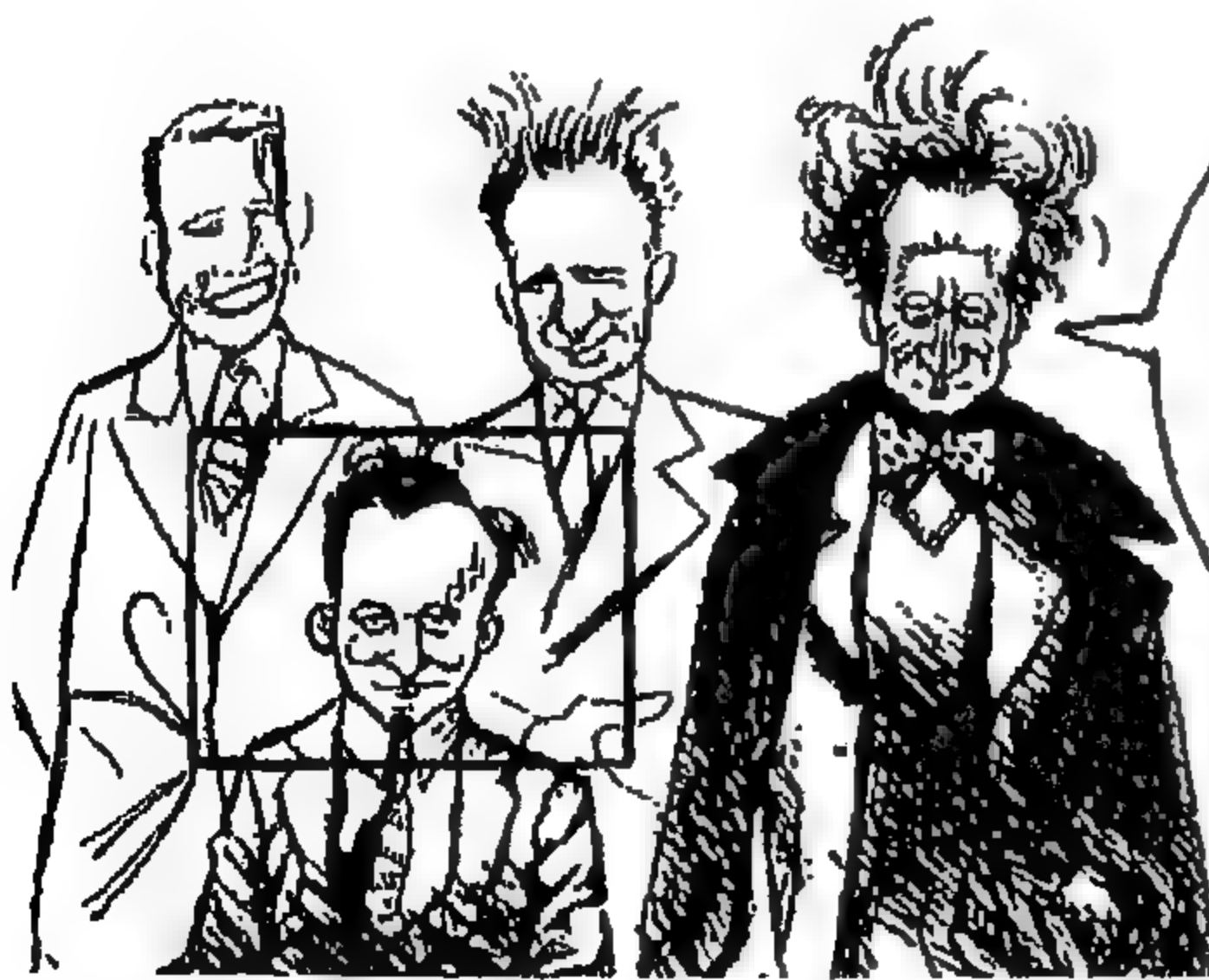
الموجات والجسيمات : سخرية الطبيعة من علماء الفيزياء

لقد وضحت التجارب العلمية وجود ازدواجية الجسيم / الموجة في الطبيعة. على سبيل المثال :
ينتج الشعاع الضوئي آثار تداخل (يتصرف كموجة) ولكنها في نفس الوقت تحرر الالكترونات من
أسطح المعادن (يتصرف كجسيم). وبالمثل تتصرف الالكترونات بنفس تصرف الجسيمات، ومع
ذلك ينتج شعاع الالكترونات هذب الحيود (مثل الموجات) عندما يمر من خلال محزوز مثل
المشط. وهذه الازدواجية حقيقة أساسية في العلم الفيزيائي، ويجب أن نتعايش معها. وهي نتيجة
مباشرة لمبدأ التحقق ... أو العكس بالعكس.



تتصرف موجات الضوء مثل الجسيمات (فوتونات).

وفي العشرينيات من القرن العشرين طور أول أبطال ميكانيكا الكم هايزنبرج وشروينجر وبور وبورن
لغة رياضية لوصف كلتا الخاصيتين الموجات والجسيمات في نفس الوقت.
وأروع هذه الصيغ معادلة وضعها شروينجر يحدد حلها (الدالة الموجية) سلوك نظام الجسيمات.



يمكن كتابة معادلتى
إذا كانت القوى والحواجز التى
يواجهها كل جزيء معروفة بالمعنى
الكلاسيكى لنظام معين. وحل هذه المعادلة
يعطى معلومات عن هذا النظام فى
كل النقاط فى الفضاء

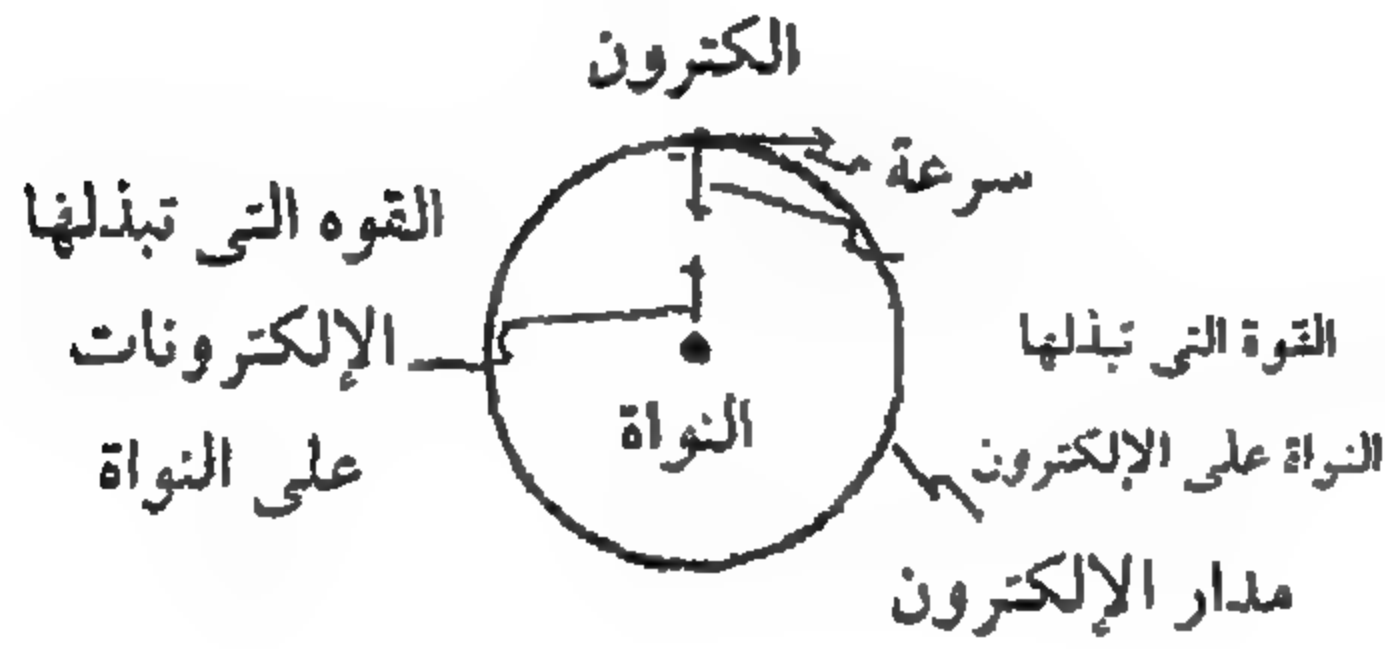
وفى كل
الأوقات.

العالم الغريب لميكانيكا الكم

ولكن ما الدالة الموجية ؟ وما الذى يتموج بالضبط ؟
ها هو ما افترضه ماكس بورن (بعد أن تبع فكرة لأينشتين بسخرية)

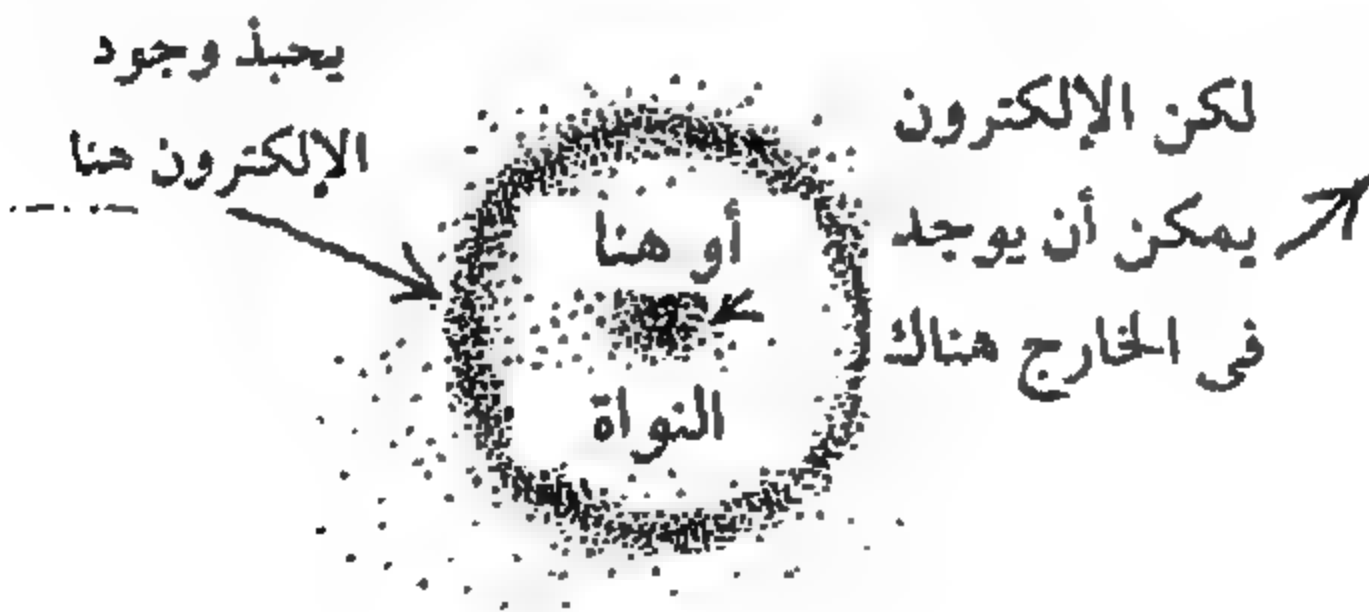


ومن أبسط المشاكل التى تحل بميكانيكا الكم ذرة الهيدروجين. عندما تحل معادلة شرودنجر فى هذه الحالة تحدد الدالة الموجية الناتجة كل حالة طاقة فى الذرة حيث إنها تعطى احتمال إيجاد الإلكترونات على مسافات مختلفة من النواة. فى هذه الحالة تحاط النواة بسحابة احتمالية بدلاً من المدارات الدقيقة للإلكترونات التى تتخذ شكل الكواكب كما فى الذرة الكلاسيكية.
الصورة الكلاسيكية لذرة الهيدروجين



عندما تكون سحابة الاحتمال المحيطة بنواة الذرة الهيدروجينية كثيفة يكبر احتمال أن نجد الإلكترون. لكننا لا يمكننا أن نقول أين يوجد الإلكترون فى الذرة بالضبط فى لحظة معينة وكل ما يمكننا أن نحدده هو احتمال أنه موجود فى أماكن عديدة

الصورة الكمية لذرة الهيدروجين



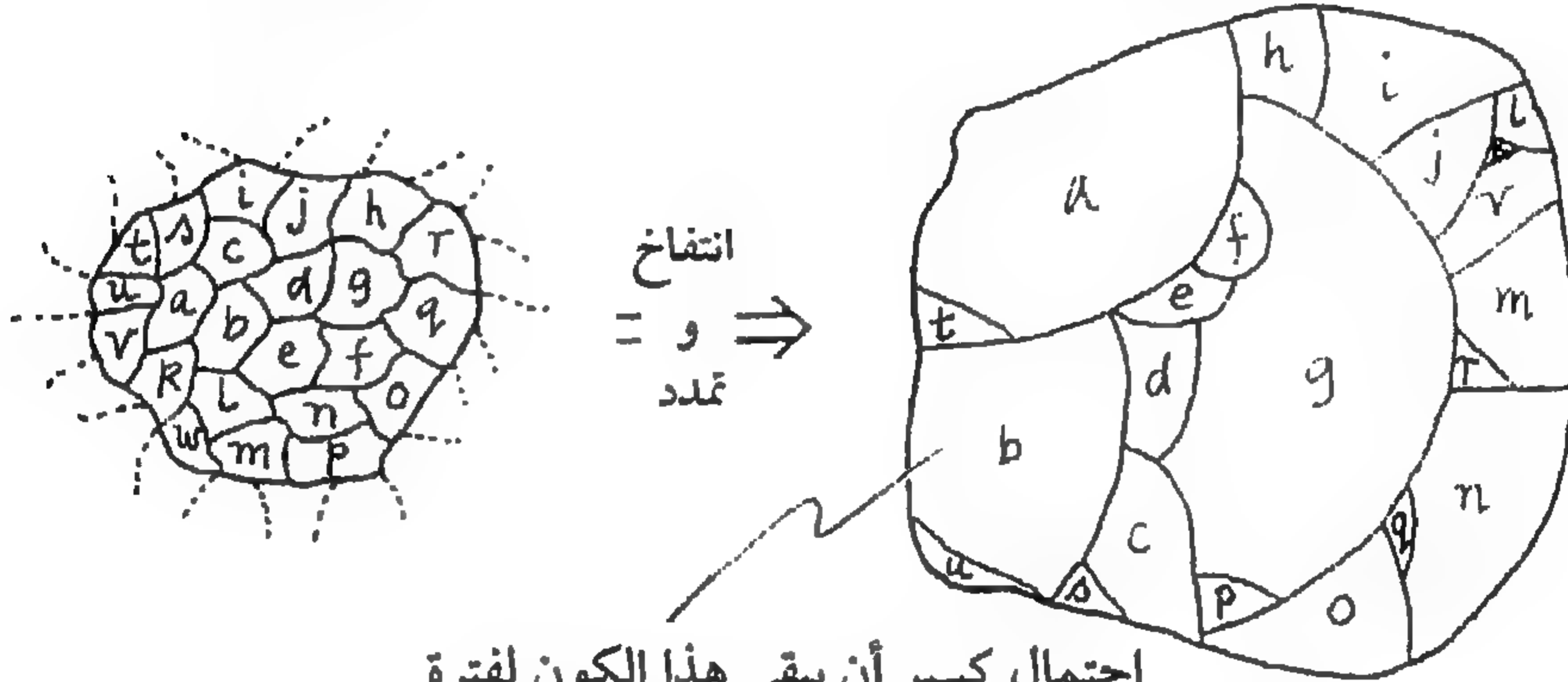
علم الكونيات الكمي : تطبيق معادلة شرودنجر على الكون

هل هو كنج مفكر جرىء؟ بدلاً من مدارات الإلكترونات في الذرة فكر في النماذج الكونية للكون. تقترح النسبية العامة العديد من النماذج : بعضها يقول إن الكون يتمدد من نقطة إلى حجم كبير ثم ينكمش إلى نقطة مرة أخرى والبعض الآخر يتمدد دائماً، والبعض يتمدد بمعدلات مختلفة في الاتجاهات المختلفة. ولكن كلها تحقق معادلات أينشتاين.

وكما استبدل شرودنجر الدوال الموجية بالمسارات الكلاسيكية للإلكترونات، وهذه الدوال نصف احتمالية قيام الإلكترونات بشيء أو بآخر، قام (هوكنج وهارتل) بتخصيص دالة موجية لبعض النماذج الكونية وهذه الدالة احتمال أن يكون للكون شكل هندسي ما.

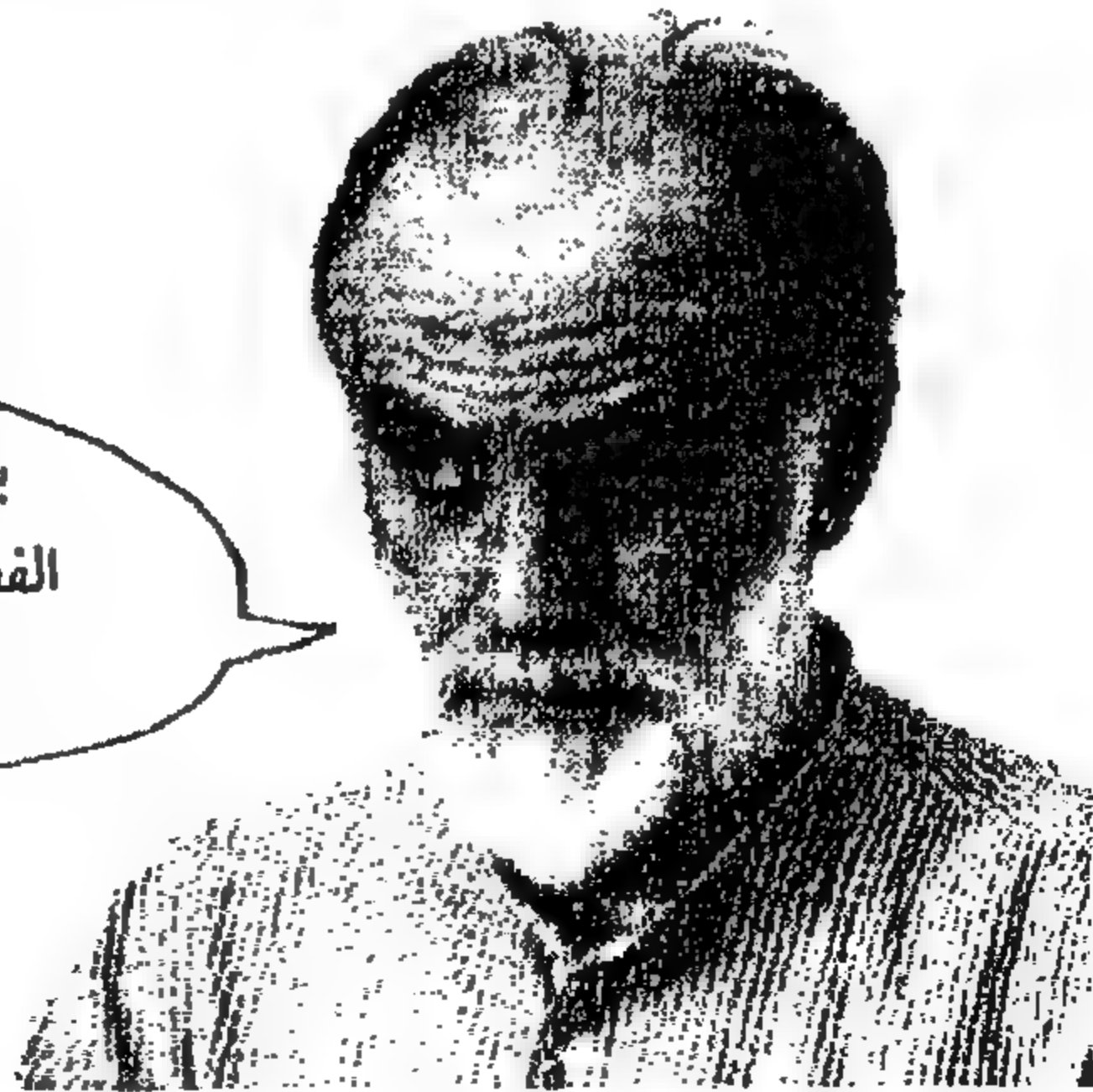
الأكوان المحتملة (كلها تخضع للنسبية العامة)

أكوان ممكنة

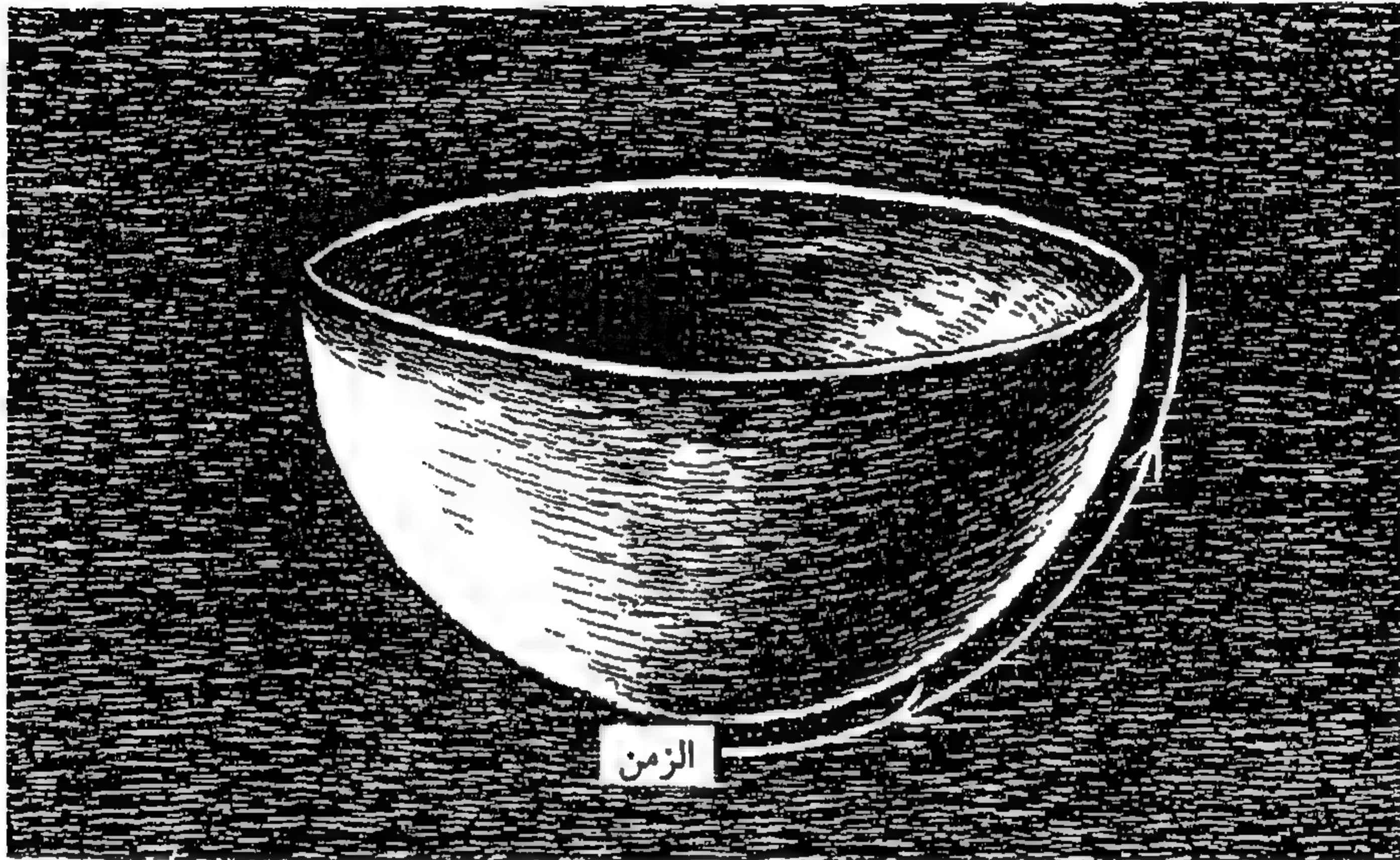


احتمال كبير أن يبقى هذا الكون لفترة طويلة تمكنه من أن يطور الذكاء

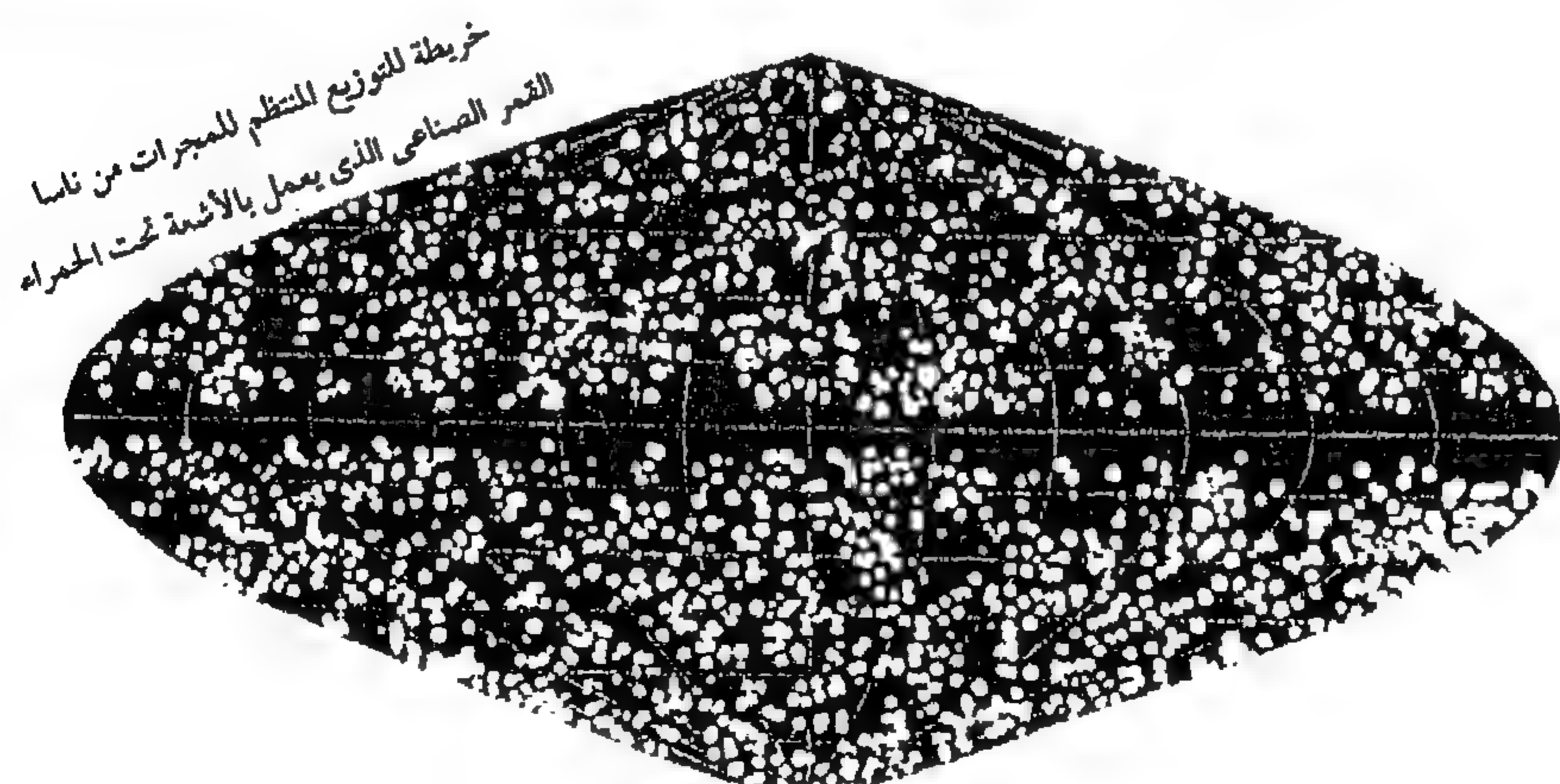
باختبار الأكوان التي ليس لها حدود، إما في الفضاء أو في الزمن حصل هوكنج وهارتل على نتائج تبدو متسقة مع الملاحظات عن كوننا



والأكوان المغلقة تخضع لهذا القيد. فهي متناهية ولكن ليست لها حواف، شيء يشبه السطح ثنائي الأبعاد للأرض. فهي تتمدد ثم تصل إلى نقطة توقف، ثم تعود إلى نفس الحالة تماماً مثل النقطة على حافة الطبق كما في الرسم. بهذه الصورة فإن الأكوان المغلقة يكون لها بداية ونهاية ولذلك سيكون لها حدود فقط في الزمن الحقيقي. أما المكون التخيلي فهو متصل. لذلك قام هوكنج وهارتل بإخفاء نقطتي التفرد الأولى والأخيرة للكون المغلق.



وأوضحاً أيضاً أن الألوان المنتظمة هي أكثر احتمالاً، لذلك تبين بأن كوننا مغلق ومنتظم في نفس الوقت، أى أنه عبارة عن كرة محدودة من الزمكان بدون حواف.



قسم الرياضيات التطبيقية
والفيزياء النظرية: ١٧ فبراير ١٩٩٥

كما أخبر هو كنج مؤلف هذا الكتاب قبل نشره بستة أسابيع ...

اقترح اللاحدود تنبأ بأن الكون قد بدأ بطريقة دقيقة ومنظمة جداً. عدد بالانتفاخ
أولاً ثم وصل إلى الانفجار العظيم الساحق القياسي متمدداً إلى نصف قطر
أعظم ومن بعدها ينهار في نفرد ساحق عظيم بطريقة غير منظمة وغير مرتبة.

ينتهي عند ذلك الزمن الحقيقي ولكن يستمر في الوجود



تنبأ نظريتك بأن الكون المنتظم المغلق هو
أكثر احتمالاً وأن تغيرات الكثافة يجب أن
تكون موجودة في الكون الأول نتيجة
للدوال الكمية.

يبدو أن اقترح اللاحدود هو بيضتك
الذهبية الثالثة

لقد وضحت الحسابات التي تمت حتى الآن نماذج بسيطة، وهي أن الكون المبني على اقتراح اللاحدود يبدو مشابهاً كثيراً لكوننا. بالإضافة إلى ذلك الكون سيشمل بعض الأفكار المهمة من علم الكونيات المعاصر مثل: الانتفاخ والتموجات الكمية. وحتى المبدأ الإنساني يبدو متوافقاً، إذا فهمت هذه المفاهيم الثلاثة الأخيرة، ستكون صورة جيدة عن الكون عند ستيفن هوكينج. شيء غير سيء بالنسبة لمبتدئ!

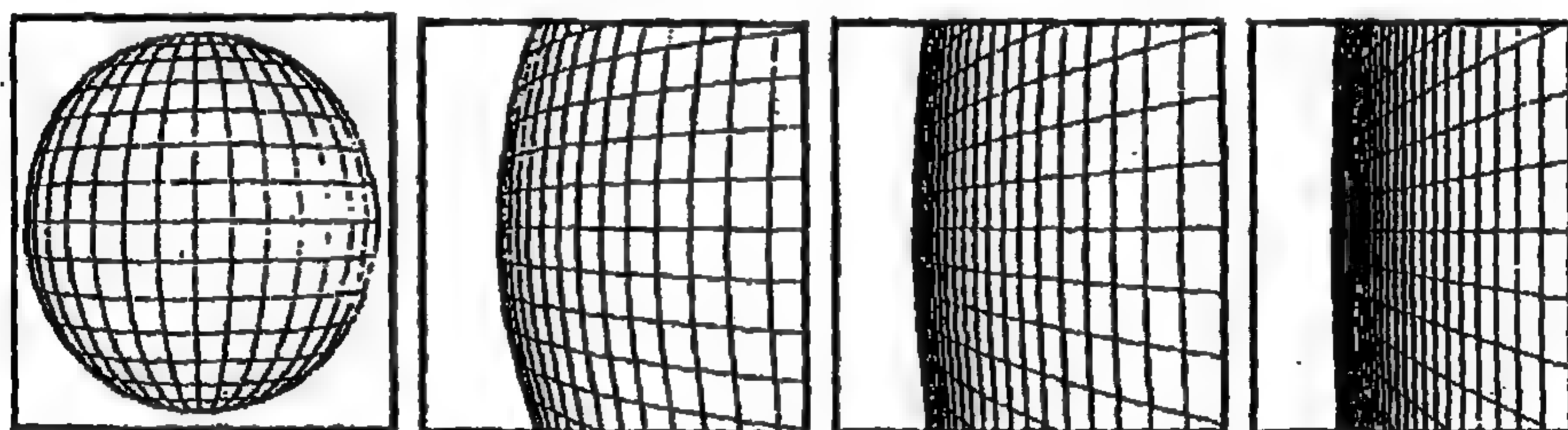
الانتفاخ

في نهاية السبعينيات تم تقديم مبدأ جديد للانتفاخ افترض أن الكون تمدد من حالة ابتدائية أصغر من حجم البروتون إلى جسم كبير في حدود عشرة أمتار خلال كسور من الثانية. وكان معدل هذا التمدد هائلاً، وقد حلت هذه الفكرة مشكلتين أزعجتا علماء الكونيات لسنوات:

١- لماذا الكون مستو لهذه الدرجة أي أنه لا يظهر فيه أي انحناء؟

٢- لماذا يكون إشعاع الخلفية الكونية منتظماً إلى هذا الحد؟

١- أول هذه الأسئلة يتضمن كثافة كتلة الكون تتناغم تماماً مع القيمة الحرجة منذ بداية التمدد، وذلك أمر يحير العقل. ولكن التمدد السريع في البداية أدى إلى استواء الكون حتى كثافة الكتلة الحرجة كما هو واضح بالشكل:



استواء الكون عن طريق الانتفاخ

٢- يفسر الانتفاخ كذلك سبب انتظام الإشعاع الخلفي. عندما كان الكون في حجمه المتناهي في الصغر كانت كل المادة والطاقة متجانسة، حيث إن كل شيء كان مرتبطاً بكل شيء آخر. ومع حدوث الانتفاخ انتشر هذا التجانس في الكون الأكبر الذي استمر في التمدد. لذلك عندما انفصل ازدواج المادة والإشعاع بعد ٣٠٠٠٠٠ سنة ظل الكون منتظماً بشكل مذهل

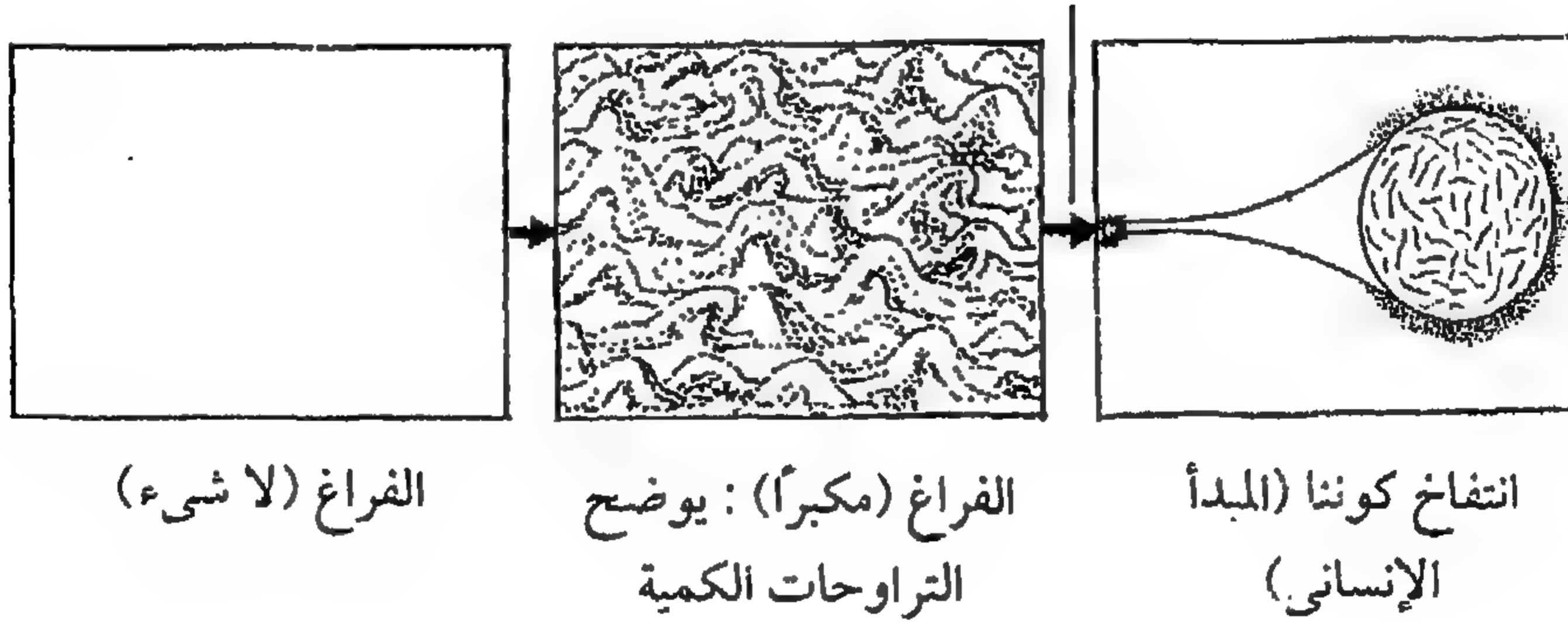
الانتفاخ والتراوحات الكمية

إن الانتفاخ الذى رقق الكون الابتدائى من الممكن أن يكون أنتج تبايرات كثافة صغيرة يمكن أن تفسر تكوين المجرات. تذكر من مناقشتنا للجزيئات التقديرية أنه إذا أمعنا النظر فى أى نظام فيزيائى (حتى الفراغ) نلاحظ آثار التراوحات الكمية. ولا يمكن أن يمحو الانتفاخ هذه التموجات الكمية. ولكنه يحولها إلى تبايرات كثافة تظهر على هيئة تموجات من المادة والطاقة عبر الزمكان، وهذه التموجات من الممكن أن تطبع فى الخلفية الإشعاعية فى صورة تبايرات حرارة دقيقة. وكانت هذه التبايرات الدقيقة ما يبحث فيها جورج سموت وفريقه البحثى فى ناسا، بوكلى عندما أطلقوا تجربة COBE (قمر صناعى مستكشف (للخلفية الكونية) عام ١٩٨٩ . نحن نحتاج إلى مفهوم أكثر جرأة..

أول كسر من الثانية

تم استعارة الطاقة الموجية من
مجال الجاذبية الانتفاخى
لتكوين المادة ($E=mc^2$)

التبايرات فى كثافة الطاقة
من التراوحات الكمية

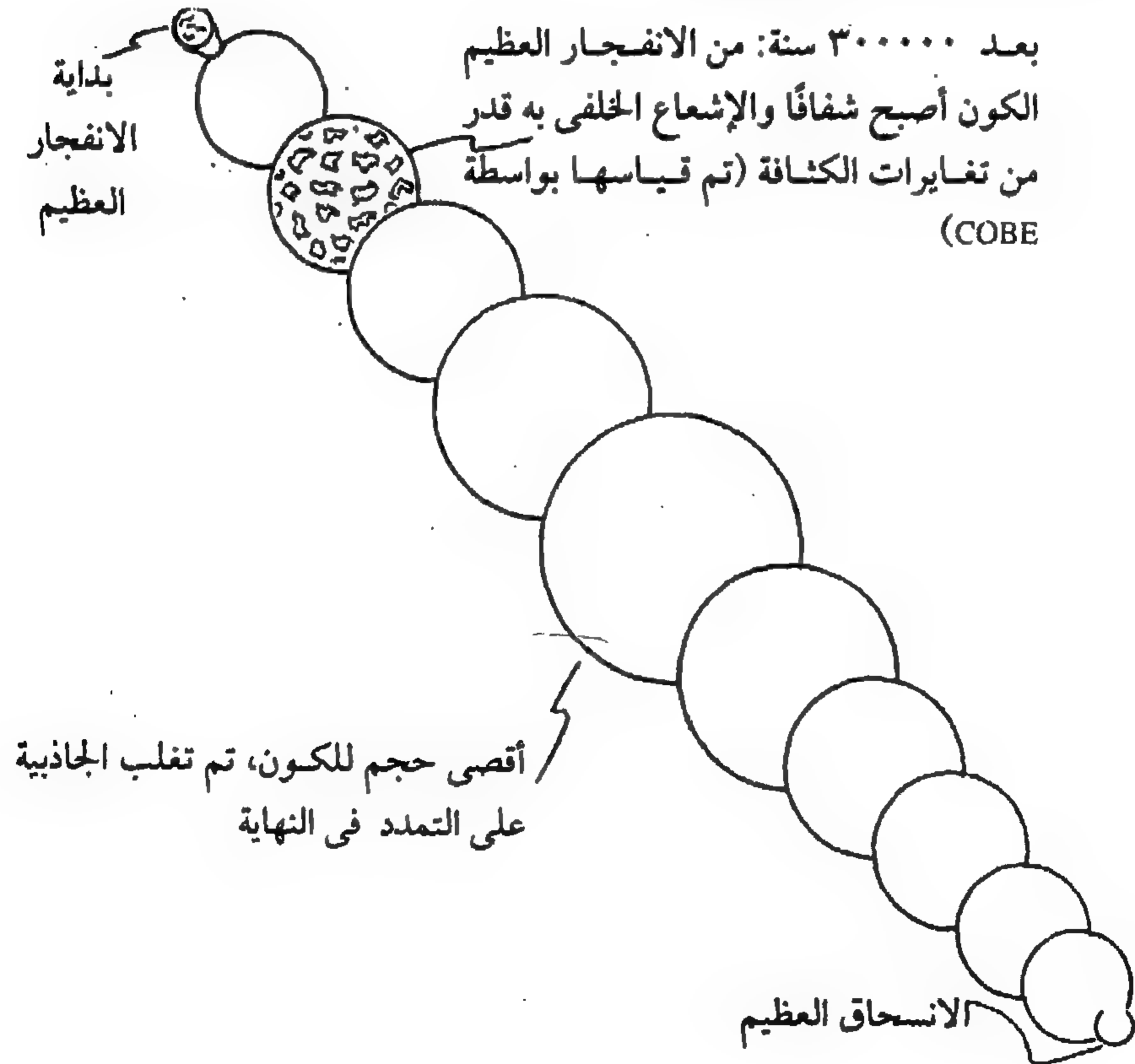


المبدأ الإنساني

هذا المبدأ عبارة عن فكرة شبه ميتافيزيقية، تتضمن أنه: إذا كان كون معين لا يبنى على الثوابت الأساسية للطبيعة التي تسمح بوجود الحياة وتطور الذكاء فلن يتمكن أى شخص من تحديد خواصه. وذلك هو السبب الذى جعل الكون الذى نعيش فيه سليماً فى أعيننا فإنه قد تم توفيقه بصورة تامة.

وبالرغم من أن هناك الكثير من العلماء الذين استهجنوا هذه الفكرة فإن عالماً فيزيائياً كبيراً مثل ستيفن فاينبرج الحاصل على جائزة نوبل (الذى كتب كتاباً ثرياً عن الكون الأول يسمى ، الدقائق الثلاث الأولى) يعتقد أن علم الكونيات الكمي يمدنا بسياق يعتبر فيه المبدأ الإنسانى شائعاً وبسيطاً. وأكثر الأكوان احتمالاً هو ذلك الكون الذى نعيش فيه ! وكما قال الفيلسوف السخيف بانجلوس لكانديد فى مسرحية فولتير: «نحن نعيش فى أفضل العوالم الممكنة».

الألف بليون سنة التالية



جائزة نوبل لهوكنج

لقد تسلم هوكنج تقريباً كل جائزة ودرجة فخرية يمكن أن تُمنح لعالم. والسؤال الطبيعي الآن هو : هل سيتمنح أفضل وأشهر هذه الجوائز - وهي دعوته إلى الأكاديمية الملكية للعلوم في ستوكهولم لتسليمه جائزة نوبل في الفيزياء؟



هناك بعض التعقيدات ، وأول هذه التعقيدات هو أن هذه الجائزة نادرة ما منحت لشخص في الفلك أو علم الكونيات ، بل في الفيزياء الخالصة. وثانيها أكثر جدية. لقد كان ألفريد نوبل (الذي حقق ثروته من حق براءة اختراع عن المادة المفرقة TNT) رجلاً عملياً وأصر أن يتم تحقيق الاكتشافات النظرية بتجارب عملية من أجل قانونية وشرعية هذه الجائزة. وبالنسبة لعلماء الكونيات مثل هوكنج تمتد معاملهم إلى أقصى مناطق في الكون، ومن الصعب جداً، إن لم يكن مستحيلاً إثبات أفكارهم عملياً تجريبياً، وإن حدث فإنه يستغرق عقوداً.

دعنا نستعرض الاكتشافات النظرية لهوكنج التي ربما تجعله يفوز بجائزة نوبل :

١ - باستخدام النسبية العامة أوضح هوكنج وبنروز أن المفهوم الكلاسي للزمن لا بد أن يكون قد بدأ بتفرد عند الانفجار العظيم ولذلك فإن الكون كان في حالة ساخنة وكثيفة في زمن ما.

٢ - في عام ١٩٧٤ اكتشف أن الثقوب السوداء تبث إشعاعاً (يسمى الآن إشعاع هوكنج) مثل أى جسم ديناميكي حراري آخر، ولها درجة حرارة (تناسب مع جاذبية سطحها) وأنتروبيا (تناسب مع مساحة سطحها).

٣ - لقد وضع نموذجاً للكون الأول هو وجيم هارتل وأسماء بمبدأ اللاحدود ويتنبأ هذا النموذج بتغيرات الكثافة في الكون الأول نتيجة للتراوحات الكمية للفراغ. ولسوء الحظ لا يعتبر أعظم أعماله (إشعاع هوكنج) ملائماً لجائزة نوبل وذلك لاستحالة كشفه..

على أية حال يمكن إثبات كل من تفرد الانفجار العظيم (الحالة الكثيفة الساخنة للكون) (الكمية بدون تشكل المجرات) باستخدام قياسات مطلقة شديدة الدقة وتفاضلية شديدة الحساسية لإشعاع الخلفية الكونية.

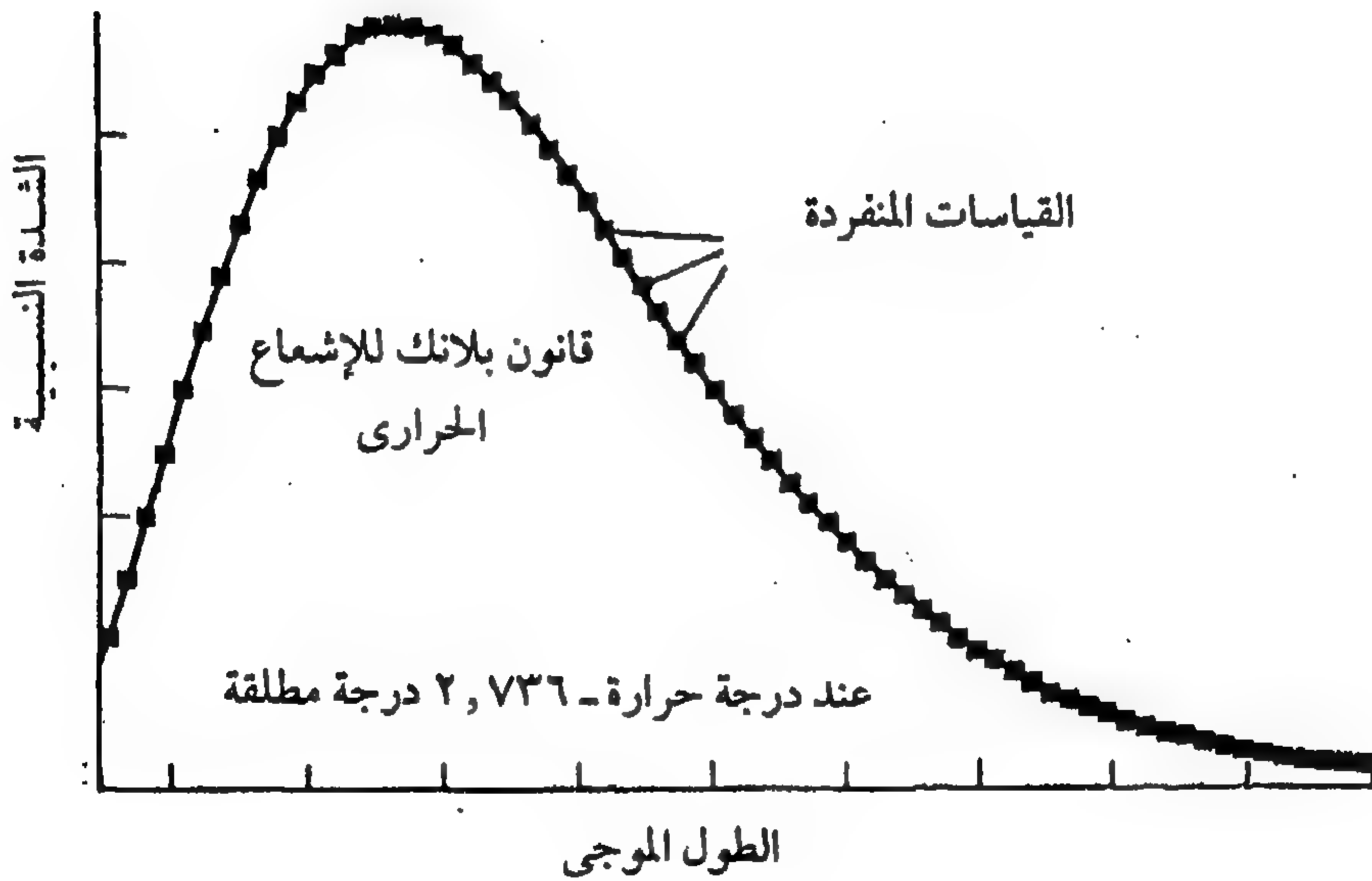
وهذا هو بالفعل ما قام به مشروع COBE ما بين ١٩٨٩ و ١٩٩٢ .

COBE : أعظم اكتشاف على مر التاريخ (٩)

مر أكثر من اثني عشر عاماً على تصميم وتشغيل مشروع COBE ولكن نتائجه لم تستغرق وقتاً طويلاً، ولقد تم إطلاقه في عام ١٩٨٩ ، واخذت الآلات ثمانى دقائق فقط لإثبات النتائج المعتمدة على القياسات التى قام بها بنزياس وويلسون فى عام ١٩٦٤ ولكن عند أطوال موجية كثيرة جداً فى هذه المرة. وقد وضحت هذه النتائج منحنى إشعاع حرارى شبه تام لدرجة حرارة خلفية ٢,٧٣٦ درجة مئوية فوق الصفر المطلق.

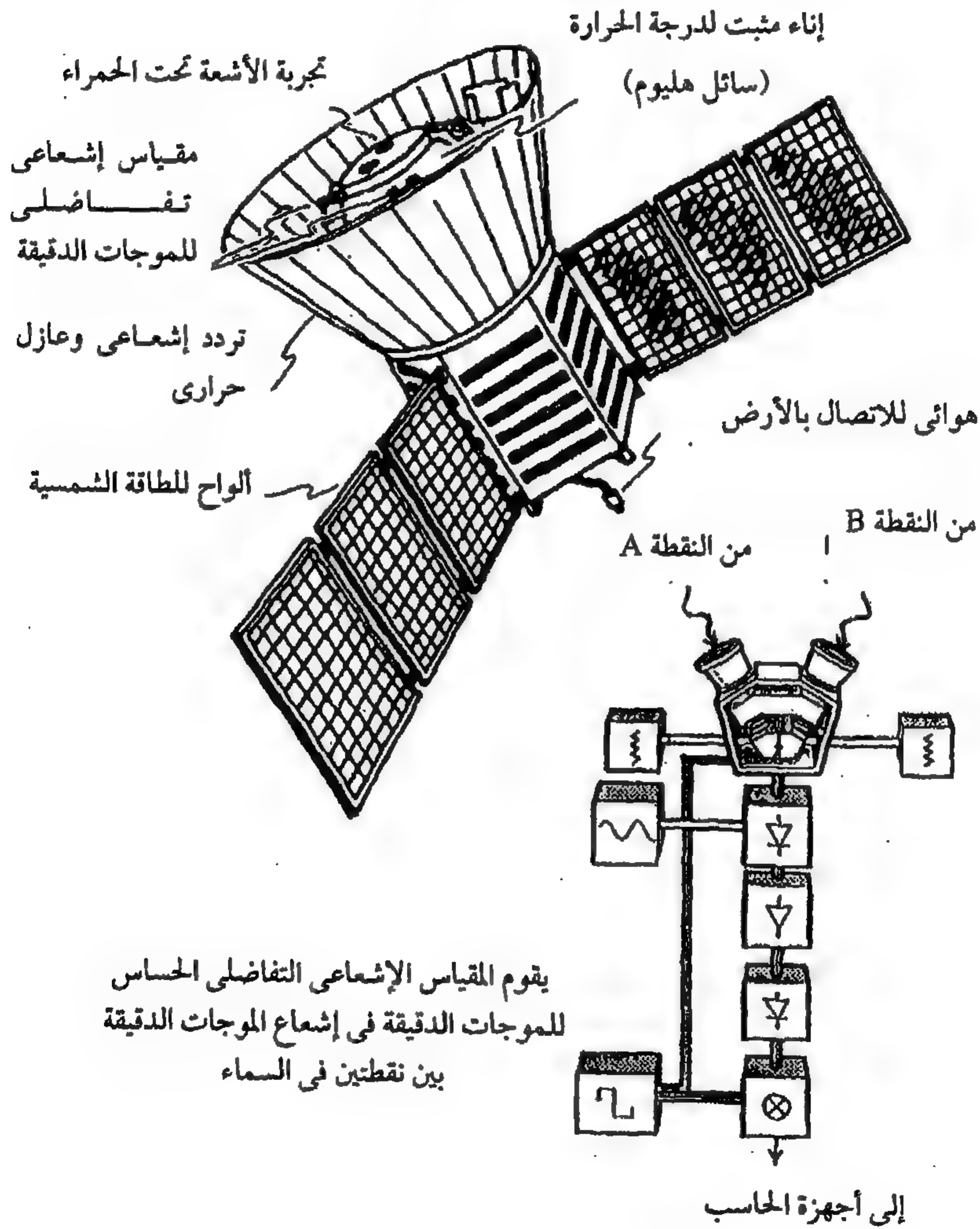
كان هذا هو COBE ١ الذى استخدم مقياس إشعاع موجات دقيقة مطلق تم معايرته بواسطة حمام من سائل الهليوم على متن القمر الصناعى. وقد أثبتت هذه النتائج بدون شك أن الكاشفات كانت تبعث بقايا الحالة الساخنة الكثيفة للكون الأول والتي نطلق عليها الانفجار العظيم. ومثل هذا المنحنى من الممكن أن يجعل ماكس بلانك يرتعد مثلما فعل كل من كان فى الجمعية الملكية الأمريكية عند تقديمه لأول مرة عام ١٩٩٠.

قياسات COBE للإشعاع الخلفى.



ولكن الإخبار العظيم لم يأت بعد، تم إطلاق COBE II والذي استخدم مقياس إشعاع موجات دقيقة (DMR) على تفاضلي حساس يقيس الفرق في درجات الحرارة بين نقطتين في الفضاء، بدلاً من قياس درجة الحرارة المطلقة للإشعاع عند نقطة معينة في السماء، وظهرت النتيجة على الهوائي الوحيد لـ COBE I : درجة الحرارة عند النقطة A = 2,725 ولكن COBE II الذي يستخدم مقياس إشعاع تفاضلي مزدوج الهوائي أعطى الإجابة : فرق درجات الحرارة بين النقطة A والنقطة B هو 0,002 درجة.

مركبة فضاء COBE

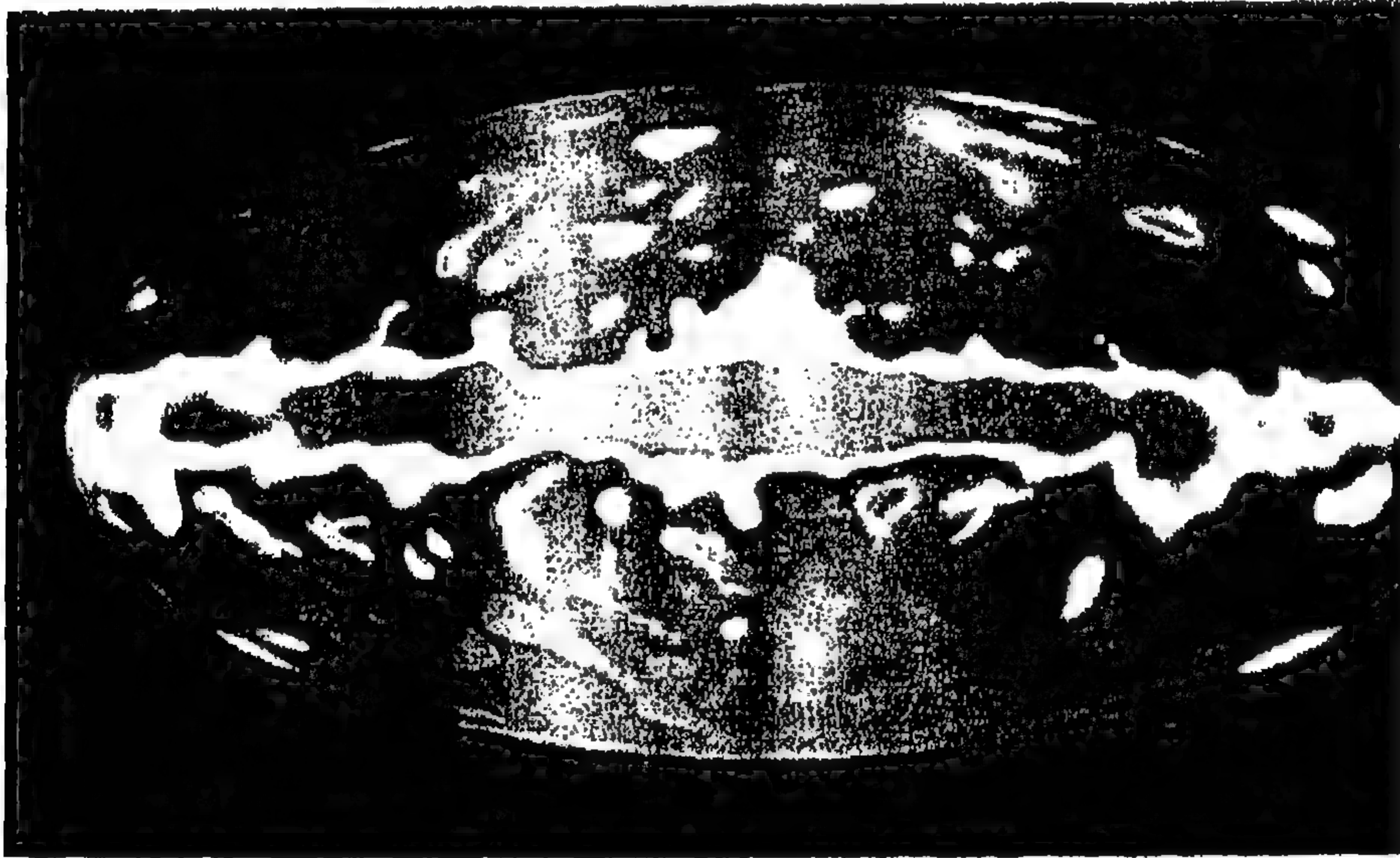


وكان هذا هو مشروع جورج سموت للبحث عن دليل للتموجات في زمكان كون عمره ٣٠٠٠٠٠ عام. وفي أبريل عام ١٩٩٢ بعد أكثر من عامين من تجميع البيانات وتحليلها قام سموت وفريقه بإعلان مهم جداً وهو أن القمر الصناعي COBE قام بكشف تغيرات دقيقة في درجات الحرارة تصل إلى حوالى واحد على مائة ألف من الدرجة في الإشعاع الخلفى..

وطبقاً للمخططات التى ولدها الكمبيوتر عن السماء بأكملها كانت درجة الحرارة مرتفعة قليلاً في اتجاه المجموعات المجرية الكبيرة ومنخفضة قليلاً في اتجاه الفراغات الكونية الكبيرة



خريطة COBE لسماء الموجات الدقيقة توضح مجرتنا والتموجات الكونية



ويبدو أنه أصبح ممكناً للمنظرين الآن تفسير بعض البيانات التى نراها في كوننا الآن على أنها أحداث تمت قبل بلايين السنين.

وقبول التقرير بترحيب إعلامي كبير على مستوى العالم.



الاعتقاد العظيم اختلاف في القرن ان لم يكن الاعظم على الإطلاق

إذا كنت متدينًا،
فهذا يشابه
رؤيتك لله



أدلى كل من هوكنج وسموت ببيانات غطت طرفي الطيف العاطفي. وقد قبل سموت الانفجار العظيم على أنه حدث خلق وذلك لكونه متدينًا وقد حرّكه نتائج COBE عاطفيًا.

لكن هوكنج يرى الأشياء باختلاف، فبالنسبة له التغيرات في الإشعاع الخلفي في الخلفية الإشعاعية التي تم قياسها بواسطة COBE ما هي إلا دليل على وجود تراوحات كمية في الكون المنتفخ يتسق مع اقتراح اللاحدود الذي وضعه. فلا يتعجب أحد لكونه مبتسمًا.

وقد رأى معظم العلماء أن نجاح COBE ما هو إلا تأكيد مذهل لعلم كونيّات الانفجار العظيم. ولكن لم ينته العمل بعد، فربما يكون الحل النهائي لألغاز بداية وبنية الكون أكثر تعقيدًا.

ما الكون الذي مركزه الأرض عند أرسطو وبطليموس، والنظام الذي مركزه الشمس عند كوبرنيكوس والبيضة الكونية عند لومتر واقتراح اللاحدود عند هوكنج إلا خطوات على طريق الفهم الأعظم الكون ومكاننا فيه وهذه الرحلة مطروحة لكل شخص ليفهمها ويتأملها ويستمتع بها.



ستيفن وليام هوكينج عالم الكونيات ومثال للإنسان العاقل حوالى عام ٢٠٠٠ بعد الميلاد قام بأداء دوره

المحتويات

الصفحة	الموضوع
5	كلمة اعتذار
7	مقدمة
9	أكثر الرجال حظاً في العالم
17	النظرية النسبية العامة
20	نيوتن : مبدأ القوة
21	أربعة أنواع من القوى في الكون
24	المبادئ الرياضية The principia
27	نيوتن وهوكنج
30	مبدأ الكتلة
34	ألبرت اينشتين، منقذ الفيزياء التقليدية
37	أينشتين وهوكنج
38	أسعد فكرة لأينشتين
41	الحضيض الشمسي لعطارد: من المشكلة إلى الحل
42	العثور على المعادلة الصحيحة
44	معادلات المجال : ماذا تعني ؟
46	توضيح الفضاء المنحني : نموذج الرقيقة المطاطية
48	انشاء ضوء النجم: كسوف ٢٩ مايو ١٩١٩
51	حل معادلات أينشتين: نقطة البداية لأبحاث هوكنج
52	(١) هندسة شوارتز شيلد
53	نصف القطر الحرج
54	(٢) فريدمان: الكون المتمدد
56	مؤسس الانفجار العظيم: هدف «لومتر» الأساسي
58	(٣) أوبنهايمر: في الانهيار المستمر للجاذبية
60	١ سبتمبر ١٩٣٩
62	١٩٤٢ نقطة تحول في هذه القصة
63	وفاة أينشتين

71	عصر هوكنج
79	مشرف الرسالة غير الأناني
84	شيء تحتاج معرفته: ما التفرد؟
91	تطور الكون
92	١٩٦٥: عام كبير بالنسبة لهوكنج
93	عقل لا يمكن إيقافه
94	ثورة الستينات
96	دالاس ١٩٦٣
99	شيء تحتاج إلى معرفته: الطيف الكهرومغناطيسي
101	١٩٦٣: أشباه النجوم Quasars
103	١٩٦٥: إشعاع الخلفية الكونية
104	شيء ما تحتاج معرفته: الإشعاع الحراري
106	تاريخ الكون
112	الثقوب السوداء
113	عصر الثقوب السوداء
114	ما الثقب الأسود؟
115	مولد وموت النجوم
118	كيف تنهار النجوم لتكون الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية والثقوب السوداء
122	ماذا يحدث إذا سقط شخص ما داخل الثقب الأسود؟
123	الدليل الرصدى للثقوب السوداء
127	السبعينيات: هوكنج والثقوب السوداء
130	لحظة الإلهام عند هوكنج
132	قوانين الديناميكا الحرارية
136	والآن نعود للثقوب السوداء
137	المولد البحثي لفكرة جديدة
139	أغسطس ١٩٧٢، مدرسة لوهووش الصيفية في فيزياء الثقوب السوداء
142	مبدأ اللايقين والجسيمات التقديرية
147	فبراير ١٩٧٤، معمل راذر فورد

153	..... هوكنج والفاتيكان - جاليليو العصر الحديث
158	..... هوكنج والكون الأول
159	..... لماذا نحتاج لنظرية الكم؟
160	..... علم الكونيات الكمى
161	..... الجذب الكمى أو (ن ك ش)
163	..... علم الكونيات الكمى والزمن المركب
164	..... الموجات والجسيمات: سخرية الطبيعة من علماء الفيزياء
165	..... العالم الغريب لميكانيكا الكم
166	..... علم الكونيات الكمى: تطبيق معادلة شرودنجر على الكون
168	..... قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية: ١٧ فبراير ١٩٩٥
170	..... الانتفاخ والتراوحات الكمية
171	..... المبدأ الإنسانى
172	..... جائزة نوبل لهوكنج
174	..... COBE : أعظم اكتشاف على مر التاريخ (؟)

المشروع القومى للترجمة

المشروع القومى للترجمة مشروع تنمية ثقافية بالدرجة الأولى ، ينطلق من الإيجابيات التى حققتها مشروعات الترجمة التى سبقته فى مصر والعالم العربى ويسعى إلى الإضافة بما يفتح الأفق على وعود المستقبل، معتمداً المبادئ التالية :

- ١- الخروج من أسر المركزية الأوروبية وهيمنة اللغتين الإنجليزية والفرنسية .
- ٢- التوازن بين المعارف الإنسانية فى المجالات العلمية والفنية والفكرية والإبداعية .
- ٣- الانحياز إلى كل ما يؤسس لأفكار التقدم وحضور العلم وإشاعة العقلانية والتشجيع على التجريب .
- ٤- ترجمة الأصول المعرفية التى أصبحت أقرب إلى الإطار المرجعى فى الثقافة الإنسانية المعاصرة، جنباً إلى جنب المنجزات الجديدة التى تضع القارئ فى القلب من حركة الإبداع والفكر العالميين .
- ٥- العمل على إعداد جيل جديد من المترجمين المتخصصين عن طريق ورش العمل بالتنسيق مع لجنة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة .
- ٦- الاستعانة بكل الخبرات العربية وتنسيق الجهود مع المؤسسات المعنية بالترجمة .

المشروع القومي للترجمة

١ - اللغة العليا (طبعة ثانية)	جون كوين	ت : أحمد درويش
٢ - الوثنية والإسلام	ك. مادهو باننيكار	ت : أحمد فؤاد بليغ
٣ - التراث المسروق	جورج جيمس	ت : شوقي جلال
٤ - كيف تتم كتابة السيناريو	انجا كاريتنكوفا	ت : أحمد الحضري
٥ - ثريا في غيبوبة	إسماعيل فصيح	ت : محمد علاء الدين منصور
٦ - اتجاهات البحث اللساني	ميلكا إفيتش	ت : سعد مصلوح / وفاء كامل فايد
٧ - العلوم الإنسانية والفلسفة	لوسيان غولدمان	ت : يوسف الأنطكي
٨ - مشعلو الحرائق	ماكس فريش	ت : مصطفى ماهر
٩ - التغيرات البيئية	أندروس، جودي	ت : محمود محمد عاشور
١٠ - خطاب الحكاية	جيرار جينيت	ت : محمد معصم وعبد الجليل الأزني وعمر حلي
١١ - مختارات	فيسوفا شيمبوريسكا	ت : هناء عبد الفتاح
١٢ - طريق الحرير	ديفيد براونستون وايرين فرانك	ت : أحمد محمود
١٣ - ديانة الساميين	روبرتسن سميث	ت : عبد الوهاب علوب
١٤ - التحليل النفسي والأدب	جان بيلمان نويل	ت : حسن المودن
١٥ - الحركات الفنية	إنوارد لويس سميث	ت : أشرف رفيق عفيفي
١٦ - أثينة السوداء	مارتن برنال	ت : بإشراف / أحمد عثمان
١٧ - مختارات	فيليب لاركين	ت : محمد مصطفى بدوي
١٨ - الشعر النسائي في أمريكا اللاتينية	مختارات	ت : طلعت شاهين
١٩ - الأعمال الشعرية الكاملة	جورج سفيريس	ت : نعيم عطية
٢٠ - قصة العلم	ج. ج. كراوثر	ت: يمني طريف الخولي / بنوي عبد الفتاح
٢١ - خوخة وألف خوخة	صعد بهرنجي	ت : ماجدة العناني
٢٢ - مذكرات رحالة عن المصريين	جون أنتيس	ت : سيد أحمد علي الناصري
٢٣ - تجلى الجميل	هانز جيورج جادامر	ت : سعيد توفيق
٢٤ - ظلال المستقبل	باتريك بارنر	ت : بكر عباس
٢٥ - مثنوى	مولانا جلال الدين الرومي	ت : إبراهيم الدسوقي شتا
٢٦ - دين مصر العام	محمد حسين هيكل	ت : أحمد محمد حسين هيكل
٢٧ - التنوع البشري الخلاق	مقالات	ت : نخبة
٢٨ - رسالة في التسامح	جون لوك	ت : منى أبو سنه
٢٩ - الموت والوجود	جيمس ب. كارس	ت : بدر الديب
٣٠ - الوثنية والإسلام (ط٢)	ك. مادهو باننيكار	ت : أحمد فؤاد بليغ
٣١ - مصادر دراسة التاريخ الإسلامي	جان سوفاجيه - كلود كاين	ت : عبد الستار الطوجي / عبد الوهاب علوب
٣٢ - الانقراض	ديفيد روس	ت : مصطفى إبراهيم فهمي
٣٣ - التاريخ الاقتصادي لأفريقيا الغربية	أ. ج. هويكنز	ت : أحمد فؤاد بليغ
٣٤ - الرواية العربية	روجر آلن	ت : حصبة إبراهيم المنيف
٣٥ - الأسطورة والحدائق	بول . ب . ديكسون	ت : خليل كلفت

٢٦ - نظريات السرد الحديثة	والاس مارتن	ت : حياة جاسم محمد
٢٧ - واحة سيوة وموسيقاها	بريجيت شيفر	ت : جمال عبد الرحيم
٢٨ - نقد الحداثة	آلن تورين	ت : أنور مغيث
٢٩ - الإغريق والحسد	بيتر والكوت	ت : منيرة كروان
٤٠ - قصائد حب	آن سكستون	ت : محمد عيد إبراهيم
٤١ - ما بعد المركزية الأوربية	بيتر جران	ت : عاطف أحمد / إبراهيم قنحي / محمود ملج
٤٢ - عالم ماك	بنجامين بارير	ت : أحمد محمود
٤٣ - اللهب المزوج	أوكتافيو پاث	ت : المهدي أخريف
٤٤ - بعد عدة أضياف	الدوس هكسلي	ت : مارلين تادرس
٤٥ - التراث المغفور	روبرت ج دنيا - جون ف أ فاين	ت : أحمد محمود
٤٦ - عشرون قصيدة حب	بابلو نيرودا	ت : محمود السيد علي
٤٧ - تاريخ النقد الأدبي الحديث ج١	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٤٨ - حضارة مصر الفرعونية	فرانسوا دوما	ت : ماهر جويجاتي
٤٩ - الإسلام في البلقان	ه . ت . نوريس	ت : عبد الوهاب غلوب
٥٠ - ألف ليلة وليلة أو القول الأسير	جمال الدين بن الشيخ	ت : محمد يرادة وعثمانى الميود ويوسف الأنطكي
٥١ - مسار الرواية الإسبانية الأمريكية	داريو بيانوبيا رخ . م بينياليستي	ت : محمد أبو العطا
٥٢ - العلاج النفسى التدميمي	بيتر . ن . نوفاليس وستيفن . ج . روجسيفيتز وروجر بيل	ت : لطفى فطيم وعادل دمرداش
٥٣ - الدراما والتعليم	أ . ف . النجتون	ت : مرسى سعد الدين
٥٤ - المفهوم الإغريقى للمسرح	ج . مايكل والتون	ت : محسن مصيلحي
٥٥ - ما وراء العلم	جون بولكنجهوم	ت : علي يوسف علي
٥٦ - الأعمال الشعرية الكاملة (١)	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمود علي مكي
٥٧ - الأعمال الشعرية الكاملة (٢)	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمود السيد ، ماهر البطوطي
٥٨ - مسرحيتان	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمد أبو العطا
٥٩ - المحبرة	كارلوس مونييث	ت : السيد السيد سهيم
٦٠ - التصميم والشكل	جوهانز ايتين	ت : صبرى محمد عبد الفنى
٦١ - موسوعة علم الإنسان	شارلوت سيمور - سميث	مراجعة وإشراف : محمد الجوهري
٦٢ - لذة النص	رولان بارت	ت : محمد خير البقاعى .
٦٣ - تاريخ النقد الأدبي الحديث ج٢	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٦٤ - برتراند راسل (سيرة حياة)	آلان رود	ت : رمسيس عوض .
٦٥ - فى مدح الكسل ومقالات أخرى	برتراند راسل	ت : رمسيس عوض .
٦٦ - خمس مسرحيات أندلسية	أنطونيو جالا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٦٧ - مختارات	فرناندو بيسوا	ت : المهدي أخريف
٦٨ - نتاشا العجوز وقصص أخرى	فالنتين راسبوتين	ت : أشرف الصباغ
٦٩ - العالم الإسلامى فى أوائل القرن العشرين	عبد الرشيد إبراهيم	ت : أحمد فؤاد متولى وهويدا محمد فهمى
٧٠ - ثقافة وحضارة أمريكا اللاتينية	أوخينيو تشانج رودريجت	ت : عبد الحميد غلاب وأحمد حشاد
٧١ - السيدة لا تصلح إلا للرمى	داريو فو	ت : حسين محمود

- ٧٢ - السياسى العجوز
٧٣ - نقد استجابة القارئ
٧٤ - صلاح الدين والمالِك في مصر
٧٥ - فن التراجم والسير الذاتية
٧٦ - چاك لاكان وإغواء التحليل النفسى
٧٧ - تاريخ النقد الألبى الحديث ج ٢
٧٨ - العولة : النظرية الاجتماعية والثقافة الكونية
٧٩ - شعرية التأليف
٨٠ - بوشكين عند «نافورة الدموع»
٨١ - الجماعات المتخيلة
٨٢ - مسرح ميغيل
٨٣ - مختارات
٨٤ - موسوعة الأدب والنقد
٨٥ - منصور الحلاج (مسرحية)
٨٦ - طول الليل
٨٧ - نون والقلم
٨٨ - الابتلاء بالغرب
٨٩ - الطريق الثالث
٩٠ - رسم السيف (قصص)
٩١ - المسرح والتجريب بين النظرية والتطبيق
٩٢ - أساليب ومضامين المسرح
الإسباني الأمريكي المعاصر
٩٣ - محدثات العولة
٩٤ - الحب الأول والصحة
٩٥ - مختارات من المسرح الإسباني
٩٦ - ثلاث زنبقات ووردة
٩٧ - هوية فرنسا (المجلد الأول)
٩٨ - الهم الإنسانى والابتزاز الصهيونى
٩٩ - تاريخ السينما العالمية
١٠٠ - مساطة العولة
١٠١ - النص الروائى (تقنيات ومناهج)
١٠٢ - السياسة والتسامح
١٠٣ - قبر ابن عربى يليه آباء
١٠٤ - أوبرا ماهوجنى
١٠٥ - مدخل إلى النص الجامع
١٠٦ - الأدب الأندلسى
١٠٧ - مسيرة الفنان فى الشعر الأمريكى المعاصر
- ت . س . إلبوت
چين . ب . توميكنز
ل . ا . سيمينوفا
أندريه موروا
مجموعة من الكتاب
رينيه ويليك
رونالد روبرتسون
بوريس أوسبىنسكى
ألكسندر بوشكين
بنكت أندرسن
ميغيل دى أونامونو
غوتفريد بن
مجموعة من الكتاب
صلاح زكى أقطاي
جمال ميرصادقى
جلال آل أحمد
جلال آل أحمد
أنتونى جينز
نخبة من كتاب أمريكا اللاتينية
باربر الاسوستكا
كارلوس ميغيل
مايك فينرستون وسكوت لاش
صمويل بيكيت
أنطونيو بوپرو بايخو
قصص مختارة
فرنان برودل
نماذج ومقالات
ديفيد روبنسون
بول هيرست وجراهام تومبسون
بيرنار فاليط
عبد الكريم الخطيبى
عبد الوهاب المؤبب
برتولت بريشت
چيرارچينيت
د . ماريا خيسوس روبييرامتى
نخبة
- ت : قزاد مجلى
ت : حسن ناظم وعلى حاكم
ت : حسن بيومى
ت : أحمد درويش
ت : عبد المقصود عبد الكريم
ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
ت : أحمد محمود ونورا أمين
ت : سعيد الفانمى وناصر حلاوى
ت : مكارم الفمري
ت : محمد طارق الشرقاوى
ت : محمود السيد على
ت : خالد المعالى
ت : عبد الحميد شبيحة
ت : عبد الرازق بركات
ت : أحمد فتحى يوسف شتا
ت : ماجدة العنانى
ت : إبراهيم الدسوقي شتا
ت : أحمد زايد ومحمد محيى الدين
ت : محمد إبراهيم مبروك
ت : محمد هناء عبد الفتاح
ت : نادية جمال الدين
ت : عبد الوهاب طوب
ت : فوزية العشماوى
ت : سرى محمد محمد عبد اللطيف
ت : إدوار الخراط
ت : بشير السباعى
ت : أشرف الصباغ
ت : إبراهيم قنديل
ت : إبراهيم فتحى
ت : رشيد بنحلو
ت : عز الدين الكتانى الإبريسى
ت : محمد بنيس
ت : عبد الغفار مكاوى
ت : عبد العزيز شبيب
ت : أشرف على دعور
ت : محمد عبد الله الجعيدى

١٠٨ - ثلاث دراسات عن الشعر الأثليسي	مجموعة من النقاد	ت : محمود على مكي
١٠٩ - حروب المياه	جون بولوك وعادل درويش	ت : هاشم أحمد محمد
١١٠ - النساء في العالم النامي	حسنة بيجوم	ت : منى قطان
١١١ - المرأة والجريمة	فرانسيس هيندسون	ت : ريهام حسين إبراهيم
١١٢ - الاحتجاج الهادئ	أرلين علوى ماركليود	ت : إكرام يوسف
١١٣ - راية التمرد	سادى پلانت	ت : أحمد حسان
١١٤ - مسرحيتا حمراء كوني وسكان المستنق	ول شوينكا	ت : نسيم مجلى
١١٥ - غرفة تخص المرء وحده	فرچينيا وولف	ت : سميرة رمضان
١١٦ - امرأة مختلفة (درية شفيق)	سينثيا نلسون	ت : نهاد أحمد سالم
١١٧ - المرأة والجنوسة في الإسلام	ليلي أحمد	ت : منى إبراهيم ، وهالة كمال
١١٨ - النهضة النسائية في مصر	بث بارون	ت : ليس النقاش
١١٩ - النساء والأسرة وقوانين الطلاق	أميرة الأزهرى سنيل	ت : بإشراف/ رؤوف عباس
١٢٠ - الحركة النسائية والتطور في الشرق الأوسط	ليلي أبو لغد	ت : نخبة من المترجمين
١٢١ - الدليل الصغير في كتابة المرأة العربية	فاطمة موسى	ت : محمد الجندي ، وإيزابيل كمال
١٢٢ - نظام العبودية القديم ونموذج الإنسان	جوزيف فوجت	ت : منيرة كروان
١٢٣ - إمبراطورية العثمانية وعلاقاتها النواية	نيل الكسندر وفنادولينا	ت : أنور محمد إبراهيم
١٢٤ - الفجر الكائب	جون جرائ	ت : أحمد فؤاد بلبع
١٢٥ - التحليل الموسيقي	سيدريك ثورپ ديفي	ت : سمحه الخولى
١٢٦ - فعل القراءة	قولفانچ إيسر	ت : عبد الوهاب علوب
١٢٧ - إرهاب	صفاء فتحى	ت : بشير السباعي
١٢٨ - الأدب المقارن	سوزان باسنيت	ت : أميرة حسن نويرة
١٢٩ - الرواية الاسبانية المعاصرة	ماريا دولورس أسيس جارتو	ت : محمد أبو العطا وآخرون
١٣٠ - الشرق يصعد ثانية	أندريه جوندر فرانك	ت : شوقي جلال
١٣١ - مصر القديمة (التاريخ الاجتماعى)	مجموعة من المؤلفين	ت : لويس بقطر
١٣٢ - ثقافة العولة	مايك فيذرستون	ت : عبد الوهاب علوب
١٣٣ - الخوف من المرايا	طارق على	ت : طلعت الشايب
١٣٤ - تشريح حضارة	بارى ج. كيمب	ت : أحمد محمود
١٣٥ - المختار من نقد س. إلبرت (ثلاثة أجزاء)	ت. س. إلبرت	ت : ماهر شفيق فريد
١٣٦ - فلاحو الباشا	كينيث كوني	ت : سحر توفيق
١٣٧ - مذكرات ضابط في الحملة الفرنسية	جوزيف ماري مواريه	ت : كاميليا صبحي
١٣٨ - عالم التلفزيون بين الجمال والعنف	إيقلينا تاروني	ت : وجيه سمعان عبد المسيح
١٣٩ - باريسفان	ريشارد فاچنر	ت : مصطفى ماهر
١٤٠ - حيث تلتقى الأنهار	هربرت ميسن	ت : أمل الجبوري
١٤١ - اثنتا عشرة مسرحية يونانية	مجموعة من المؤلفين	ت : نعيم عطية
١٤٢ - الإسكندرية : تاريخ ودليل	أ. م. فورستر	ت : حسن بيومي
١٤٣ - قضايا التطير في البحث الاجتماعى	بيريك لايدار	ت : عدلى السمرى
١٤٤ - صاحبة اللوكاندة	كارلو جولونى	ت : سلامة محمد سليمان

١٤٥ - موت أرتيميو كروث	كارلوس فويتس	ت : أحمد حسان
١٤٦ - الورقة الحمراء	ميجيل دي ليس	ت : على عبد الرؤوف البعبي
١٤٧ - خطبة الإدانة الطويلة	تاتريد نورست	ت : عبد الغفار مكاوي
١٤٨ - القصة القصيرة (النظرية والتقنية)	إنريكي أندرسون إمبرت	ت : على إبراهيم على منوفى
١٤٩ - النظرية الشعرية عند إليوت وألونيس	عاطف فضول	ت : أسامة إسبر
١٥٠ - التجربة الإغريقية	روبرت ج. ليتمان	ت : منيرة كروان
١٥١ - هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ١)	فرنان برودل	ت : بشير السباعي
١٥٢ - عدالة الهنود وقصص أخرى	نخبة من الكتاب	ت : محمد محمد الخطابي
١٥٣ - غرام الفراعنة	فيولين فاتويك	ت : فاطمة عبد الله محمود
١٥٤ - مدرسة فرانكفورت	فيل سليتر	ت : خليل كلفت
١٥٥ - الشعر الأمريكي المعاصر	نخبة من الشعراء	ت : أحمد مرسى
١٥٦ - المدارس الجمالية الكبرى	جى أنبال وآلان وأوديت فيرمو	ت : مى التلمساني
١٥٧ - خسرو وشيرين	النظامى الكنجوى	ت : عبد العزيز بقوش
١٥٨ - هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ٢)	فرنان برودل	ت : بشير السباعي
١٥٩ - الإيديولوجية	ديفيد هوكس	ت : إبراهيم فتحى
١٦٠ - آلة الطبيعة	بول إيرليش	ت : حسين بيومى
١٦١ - من المسرح الإسباني	الخاندرى كاسونا وأنطونيو جالا	ت : زيدان عبد الحليم زيدان
١٦٢ - تاريخ الكنيسة	يوحنا الآسيوى	ت : صلاح عبد العزيز محجوب
١٦٣ - موسوعة علم الاجتماع ج ١	جوردون مارشال	ت : بإشراف : محمد الجوهري
١٦٤ - شامبوليون (حياة من نور)	جان لاكوتير	ت : نبيل سعد
١٦٥ - حكايات الثعلب	١ . ن أفانا سيفا	ت : سهير المصادفة
١٦٦ - العلاقات بين المثنيين والعلمانيين فى إسرائيل	يشعياهو ليفمان	ت : محمد محمود أبو غدير
١٦٧ - فى عالم طاغور	رابندراناث طاغور	ت : شكرى محمد عياد
١٦٨ - دراسات فى الأدب والثقافة	مجموعة من المؤلفين	ت : شكرى محمد عياد
١٦٩ - إبداعات أدبية	مجموعة من المبدعين	ت : شكرى محمد عياد
١٧٠ - الطريق	ميغيل دليبيس	ت : بسام ياسين رشيد
١٧١ - وضع حد	فرانك بيجو	ت : هدى حسين
١٧٢ - حجر الشمس	مختارات	ت : محمد محمد الخطابي
١٧٣ - معنى الجمال	واتر ت . ستيس	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٧٤ - صناعة الثقافة السوداء	ايليس كاشمور	ت : أحمد محمود
١٧٥ - التليفزيون فى الحياة اليومية	لورينزو فيلشس	ت : وجيه سمعان عبد المسيح
١٧٦ - نحو مفهوم للاقتصاديات البيئية	توم تيتنبرج	ت : جلال البنا
١٧٧ - أنطون تشيخوف	هنرى تروايا	ت : حمزة إبراهيم منيف
١٧٨ - مختارات من الشعر اليونانى الحديث	نخبة من الشعراء	ت : محمد حمدي إبراهيم
١٧٩ - حكايات أيسوب	أيسوب	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٨٠ - قصة جاويد	إسماعيل فصيح	ت : سليم عبدالأمير حمدان
١٨١ - النقد الأدبى الأمريكى	فنسنت . ب . ليتش	ت : محمد يحيى

١٨٢ - العنف والنبوءة	و . ب . بيتس	ت : ياسين طه حافظ
١٨٣ - جان كوكو على شاشة السينما	رينيه چيلسون	ت : فتحى العشرى
١٨٤ - القاهرة .. حالة لا تنام	هانز إيندورفر	ت : نسوقى سعيد
١٨٥ - أسفار العهد القديم	توماس تومسن	ت : عبد الوهاب علوب
١٨٦ - معجم مصطلحات هيجل	ميخائيل أنود	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٨٧ - الأرضة	يُردج علوى	ت : علاء منصور
١٨٨ - موت الأدب	الفين كرنان	ت : بدر الديب
١٨٩ - العمى والبصيرة	بول دى مان	ت : سعيد الغانمى
١٩٠ - محاورات كونفوشيوس	كونفوشيوس	ت : محسن سيد فرجاني
١٩١ - الكلام رأسمال	الحاج أبو بكر إمام	ت : مصطفى حجازى، السيد
١٩٢ - ساحت نامہ إبراهيم بك جا	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
١٩٣ - عامل المنجم	بيتر أبراهامز	ت : محمد عبد الواحد محمد
١٩٤ - مختارات من النقد الأثجو - أمريكى	مجموعة من النقاد	ت : ماهر شفيق فريد
١٩٥ - شقاء ٨٤	إسماعيل فصيح	ت : محمد علاء الدين منصور
١٩٦ - المهلة الأخيرة	فالنتين راسبوتين	ت : أشرف الصباغ
١٩٧ - الفاروق	شمس العلماء شبلى النعمانى	ت : جلال السعيد الحفناوى
١٩٨ - الاتصال الجماهيرى	إدوين إمري وآخرون	ت : إبراهيم سلامة إبراهيم
١٩٩ - تاريخ يهود مصر فى الفترة العثمانية	يعقوب لاندوى	ت : جمال أحمد الرفاعى وأحمد عبد اللطيف حماد
٢٠٠ - ضحايا التنمية	جيرمى سيبروك	ت : فخرى لبيب
٢٠١ - الجانب الدينى للفلسفة	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٢٠٢ - تاريخ النقد الأدبى الحديث ج١	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٢٠٢ - الشعر والشاعرية	ألفاف حسين حالى	ت : جلال السعيد الحفناوى
٢٠٤ - تاريخ نقد العهد القديم	زالمان شانزار	ت : أحمد محمود هويدى
٢٠٥ - الجينات والشعوب واللغات	لويجى لوقا كافاللى - سفورزا	ت : أحمد مستجير
٢٠٦ - الهيوالية تصنع علماً جديداً	جيمس جلايك	ت : على يوسف على
٢٠٧ - ليل إفريقى	رامون خوتاسنديز	ت : محمد أبو العطا عبد الرؤوف
٢٠٨ - شخصية العربى فى المسرح الإسرائيلى	دان أوريان	ت : محمد أحمد صالح
٢٠٩ - السرد والمسرح	مجموعة من المؤلفين	ت : أشرف الصباغ
٢١٠ - مثنويات حكيم سنائى	سنائى الغزنوى	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢١١ - فردينان بوسوسير	جوناثان كلر	ت : محمود حمدي عبد الغنى
٢١٢ - قصص الأمير مرزيان	مرزيان بن رستم بن شروين	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢١٣ - مصر منذ قدم نبلين حتى رجل عبد الناصر	ريمون فلاور	ت : سيد أحمد على الناصرى
٢١٤ - قواعد جديدة للمنهج فى علم الاجتماع	أنتونى جينز	ت : محمد محمود محى الدين
٢١٥ - سياحت نامہ إبراهيم بك جا	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
٢١٦ - جوانب أخرى من حياتهم	مجموعة من المؤلفين	ت : أشرف الصباغ
٢١٧ - مسرحيتان طليعيتان	صمويل بيكيت	ت : نادية البنهاوى
٢١٨ - راويلا	خوليو كورتازان	ت : على إبراهيم على منوفى

٢١٩ - بقايا اليوم	كانزو ايشجورو	ت : طلعت الشايب
٢٢٠ - الهيولية فى الكون	بارى باركر	ت : على يوسف على
٢٢١ - شعرية كفافى	جريجورى جوزدانيس	ت : رفعت سلام
٢٢٢ - فرانز كافكا	رونالد جراى	ت : نسيم مجلى
٢٢٣ - العلم فى مجتمع حر	بول فيرابنر	ت : السيد محمد نفاذى -
٢٢٤ - دمار يوغسلافيا	برانكا ماجاس	ت : منى عبد الظاهر إبراهيم السيد
٢٢٥ - حكاية غريق	جابريل جارتيا ماركث	ت : السيد عبد الظاهر عبد الله
٢٢٦ - أرض المساء وقصائد أخرى	ديفيد هريت لورانس	ت : طاهر محمد على البريرى
٢٢٧ - المسرح الإسباني فى القرن السابع عشر	موسى مارديا ديف بوركى	ت : السيد عبد الظاهر عبد الله
٢٢٨ - علم الجمالية وعلم اجتماع الفن	جانيت وولف	ت : مارى تيريز عبد المسيح وخالد حسن
٢٢٩ - مأزق البطل الوحيد	نورمان كيمن	ت : أمير إبراهيم العمرى
٢٣٠ - عن الذباب والفئران والبشر	فرانسواز جاكوب	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣١ - الدراقيل	خايمى سالوم بيدال	ت : جمال أحمد عبد الرحمن
٢٣٢ - ما بعد المعلومات	توم ستينر	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣٣ - فكرة الاضمحلال	أرثر هيرمان	ت : طلعت الشايب
٢٣٤ - الإسلام فى السودان	ج. سينسر تريمنجهام	ت : فؤاد محمد عكود
٢٣٥ - ديوان شمس تيريزى ج ١	جلال الدين الرومى	ت : إبراهيم الدسوقي شتا
٢٣٦ - الولاية	ميشيل تود	ت : أحمد الطيب
٢٣٧ - مصر أرض الوادى	روين فيدين	ت : عنايات حسين طلعت
٢٣٨ - العولة والتحرير	الانكتاد	ت : ياسر محمد جاد الله وعيسى مديولى أحمد
٢٣٩ - العريس فى الأدب الإسرائيلى	جيلرافر - رايوخ	ت : نادية سليمان حافظ وإيهاب صلاح فايق
٢٤٠ - الإسلام والغرب وإمكانية الحوار	كامى حافظ	ت : صلاح عبد العزيز محمود
٢٤١ - فى انتظار البرابرة	ك. م كريتز	ت : ابتسام عبد الله سعيد
٢٤٢ - سبعة أنماط من الفموض	وليام إمبسون	ت : صبرى محمد حسن عبد النبى
٢٤٣ - تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ١)	ليفى بروفنسال	ت : مجموعة من المترجمين
٢٤٤ - الغليان	لاورا إسكيبييل	ت : نادية جمال الدين محمد
٢٤٥ - نساء مقاتلات	إليزابيتا أنديس	ت : توفيق على منصور
٢٤٦ - قصص مختارة	جابريل جرتيا ماركث	ت : على إبراهيم على منوفى
٢٤٧ - الثقافة الجماهيرية والحدائق فى مصر	وولتر أرمبرست	ت : محمد الشرقاوى
٢٤٨ - حقول عدن الخضراء	أنطونيو جالا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٢٤٩ - لغة التمزق	دراجو شتامبوك	ت : رفعت سلام
٢٥٠ - علم اجتماع العلوم	دومنيك فينك	ت : ماجدة أباطة
٢٥١ - موسوعة علم الاجتماع ج ٢	جورجون مارشال	ت : بإشراف : محمد الجوهري
٢٥٢ - رائدات الحركة النسوية المصرية	مارجو بدران	ت : على بدران
٢٥٣ - تاريخ مصر الفاطمية	ل. أ. سيمينوفا	ت : حسن بيومى
٢٥٤ - الفلسفة	ديف روينسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٥ - أفلاطون	ديف روينسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام

٢٥٦ - ديكارت	ديف روينسون وجودي جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٧ - تاريخ الفلسفة الحديثة	وليم كلي رايت	ت : محمود سيد أحمد
٢٥٨ - الفجر	سير أنجوس فريزر	ت : عبادة كحيلة
٢٥٩ - مختارات من الشعر الأرمني	نخبة	ت : فاروچان كازانچيان
٢٦٠ - موسوعة علم الاجتماع ج ٢	جوردون مارشال	ت : بإشراف : محمد الجوهري
٢٦١ - رحلة في فكر زكي نجيب محمود	زكي نجيب محمود	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٦٢ - مدينة المعجزات	إدوارد مندوثا	ت : محمد أبو العطا عبد الرؤوف
٢٦٣ - الكشف عن حافة الزمن	جون جرين	ت : على يوسف على
٢٦٤ - إبداعات شعرية مترجمة	هوراس / شلي	ت : لويس عوض
٢٦٥ - روايات مترجمة	أوسكار وايلد وصموئيل جونسون	ت : لويس عوض
٢٦٦ - مدير المدرسة	جلال آل أحمد	ت : عادل عبد المنعم سويلم
٢٦٧ - فن الرواية	ميلان كونديرا	ت : بدر الدين عروكي
٢٦٨ - ديوان شمس تبريزي ج ٢	جلال الدين الرومي	ت : إبراهيم الدسوقي شتا
٢٦٩ - وسط الجزيرة العربية وشرقها ج ١	وليم جيفور بالجريف	ت : صبرى محمد حسن
٢٧٠ - وسط الجزيرة العربية وشرقها ج ٢	وليم جيفور بالجريف	ت : صبرى محمد حسن
٢٧١ - الحضارة الغربية	توماس سى . باترسون	ت : شوقي جلال
٢٧٢ - الأديرة الأثرية في مصر	س. س. والترز	ت : إبراهيم سلامة
٢٧٣ - الاستعمار والثروة في الشرق الأوسط	جوان آر. لوك	ت : عنان الشهاوى
٢٧٤ - السيدة بربارا	رومولو جلاجوس	ت : محمود على مكي
٢٧٥ - ت. س. إليوت شاعرًا وناقدًا وكاتبًا مسرحيًا	أقلام مختلفة	ت : ماهر شفيق فريد
٢٧٦ - فنون السينما	فرانك جوتيران	ت : عبد القادر التلمساني
٢٧٧ - الجينات : الصراع من أجل الحياة	بريان فورد	١ ت : أحمد فوزي
٢٧٨ - البدايات	إسحق عظيموف	ت : ظريف عبد الله
٢٧٩ - الحرب الباردة الثقافية	فرانسيس ستونر سوندرز	ت : طلعت الشايب
٢٨٠ - من الألب الهندي الحديث والمعاصر	بريم شند وآخرون	ت : سمير عبد الحميد
٢٨١ - الفردوس الأعلى	مولانا عبد الحليم شرر الكهنوي	ت : جلال الحفناوى
٢٨٢ - طبيعة العلم غير الطبيعية	لويس ولبيرت	ت : سمير حنا صادق
٢٨٣ - السهل يحترق	خوان روافو	ت : على البمبى
٢٨٤ - هرقل مجنونًا	يوريبيدس	ت : أحمد عثمان
٢٨٥ - رحلة الخواجة حسن نظامي	حسن نظامي	ت : سمير عبد الحميد
٢٨٦ - سياحت نامه إبراهيم بك ج ٢	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
٢٨٧ - الثقافة والعمل والنظام العالمى	أنتونى كينج	ت : محمد يحيى وآخرون
٢٨٨ - الفن الروائى	ديفيد لودج	ت : ماهر البطوطى
٢٨٩ - ديوان منجوهري الدامغانى	أبو نجم أحمد بن قوص	ت : محمد نور الدين
٢٩٠ - علم اللغة والترجمة	جورج موانان	ت : أحمد زكريا إبراهيم
٢٩١ - المسرح الإسباني في القرن العشرين ج ١	فرانشيسكو رويس رامون	ت : السيد عبد الظاهر
٢٩٢ - المسرح الإسباني في القرن العشرين ج ٢	فرانشيسكو رويس رامون	ت : السيد عبد الظاهر

٢٩٢ - مقدمة للأدب العربي	روجر آلان	ت : نخبة من المترجمين
٢٩٤ - فن الشعر	بوالو	ت : رجاء ياقوت صالح
٢٩٥ - سلطان الأسطورة	جوزيف كامبل	ت : بدر الدين حب الله الديب
٢٩٦ - مكبث	وليم شكسبير	ت : محمد مصطفى بدوي
٢٩٧ - فن النحويين اليونانية والسوريانية	ديونيسيوس ثراكس - يوسف الأهواني	ت : ماجدة محمد أنور
٢٩٨ - مأساة العبيد	أبو بكر ثقافايلييه	ت : مصطفى حجازي السيد
٢٩٩ - ثورة التكنولوجيا الحيوية	جين ل. ماركس	ت : هاشم أحمد فؤاد
٣٠٠ - أسطورة برومثيروس مج ١	لويس عوض	ت : جمال الجزيري وبهاء جاهين
٣٠١ - أسطورة برومثيروس مج ٢	لويس عوض	ت : جمال الجزيري ومحمد الجندي
٣٠٢ - فنجنشتين	جون هيتون وجودي جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٣ - بوذا	جين هوب وبورن فان لون	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٤ - ماركس	ريوس	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٥ - الجلد	كروزيو مالاپارته	ت : صلاح عبد الصبور
٣٠٦ - الحماصة - النقد الكانطي لتاريخ	جان - فرانسوا ليوتار	ت : نبيل سعد
٣٠٧ - الشعور	ديفيد بابينو	ت : محمود محمد أحمد
٣٠٨ - علم الوراثة	ستيف جونز	ت : ممنوح عبد المنعم أحمد
٣٠٩ - الذهن والمخ	انجوس چيلاتي	ت : جمال الجزيري
٣١٠ - يونج	ناجي هيد	ت : محيي الدين محمد حسن
٣١١ - مقال في المنهج الفلسفي	كوانجود	ت : فاطمة إسماعيل
٣١٢ - روح الشعب الأسود	وليم دي بوز	ت : أسعد حليم
٣١٣ - أمثال فلسطينية	خاير بيان	ت : عبد الله الجعدي
٣١٤ - الفن كعدم	جينس مينيك	ت : هويدا السباعي
٣١٥ - جرامشي في العالم العربي	ميشيل بروندينو	ت : كاميليا صبحي
٣١٦ - محاكمة سقراط	أ. ف. ستون	ت : نسيم مجلي
٣١٧ - بلاغ	شير لايموفا - زنيكين	ت : أشرف الصباغ
٣١٨ - الأدب الرومن في السنوات المشر الأخرى	نخبة	ت : أشرف الصباغ
٣١٩ - صور دريدا	جايتو ياسييفاك وكريستوفر نوريس	ت : حسام نايل
٣٢٠ - لمعة السراج لحضرة التاج	مؤلف مجهول	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٢١ - تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ٢، ١ج)	ليفى برو فئسال	ت : نخبة من المترجمين
٣٢٢ - وجهات نظر حية في تاريخ الفن الغربى	بيليو. إيوجين كلينباور	ت : خالد مفلح حمزة
٣٢٣ - فن الساتورا	تراث يوناني قديم	ت : هانم سليمان
٣٢٤ - اللعب بالنار	أشرف أسدى	ت : محمود سلامة علاوى
٣٢٥ - عالم الآثار	فيليب بوسان	ت : كريستين يوسف
٣٢٦ - المعرفة والمصلحة	جورجين هابرماس	ت : حسن صقر
٣٢٧ - مختارات شعرية مترجمة	نخبة	ت : توفيق على منصور
٣٢٨ - يوسف وزليخة	نور الدين عبد الرحمن بن أحمد	ت : عبد العزيز بقوش
٣٢٩ - رسائل عيد الميلاد	تد هيوز	ت : محمد عيد إبراهيم

٢٢٠ - كل شيء عن التمثيل الصامت	مارفن شيرد	ت : سامى صلاح
٢٢١ - عندما جاء السردين	ستيفن جراى	ت : سامية دياب
٢٢٢ - رحلة شهر العسل وقصص أخرى	نخبة	ت : على إبراهيم على منوفى
٢٢٣ - الإسلام فى بريطانيا	نييل مطر	ت : بكر عباس
٢٢٤ - لقطات من المستقبل	آرثر س. كلارك	ت : مصطفى فهمى
٢٢٥ - عصر الشك	ناتالى ساروت	ت : فتحى العشرى
٢٢٦ - متون الأهرام	نصوص قديمة	ت : حسن صابر
٢٢٧ - فلسفة الولاء	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٢٢٨ - نظرات حائرة وتضمن أخرى من الهند	نخبة	ت : جلال السعيد الحفناوى
٢٢٩ - تاريخ الأدب فى إيران ج٢	على أصغر حكمت	ت : محمد علاء الدين منصور
٢٤٠ - اضطراب فى الشرق الأوسط	بيرش بيريروجلو	ت : فخرى لبيب
٢٤١ - قصائد من رلكه	راينر ماريا رلكه	ت : حسن حلمى
٢٤٢ - سلمان وأبسال	نور الدين عبد الرحمن بن أحمد	ت : عبد العزيز بقوش
٢٤٣ - العالم البرجوازى الزائل	نابين جورديمر	ت : سمير عبد ربه
٢٤٤ - الموت فى الشمس	بيتر بلانجوه	ت : سمير عبد ربه
٢٤٥ - الركض خلف الزمن	بونه ندائى	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢٤٦ - سحر مصر	رشاد رشدى	ت : جمال الجزيرى
٢٤٧ - الصبية الطائشون	جان كوكتو	ت : بكر الحلو
٢٤٨ - المتصورة الأولى فى الأدب التركى ج١	محمد فؤاد كوبريلى	ت : عبد الله أحمد إبراهيم
٢٤٩ - دليل القارئ إلى الثقافة الجادة	آرثر والدرون وآخرين	ت : أحمد عمر شاهين
٢٥٠ - بانوراما الحياة السياحية	أقلام مختلفة	ت : عطية شحاتة
٢٥١ - مبادئ المنطق	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٢٥٢ - قصائد من كفافيس	قسطنطين كفافيس	ت : نعيم عطية
٢٥٣ - الفن الإسلامى فى الأندلس (منسية)	باسيليو بابون مالدونالد	ت : على إبراهيم على منوفى
٢٥٤ - الفن الإسلامى فى الأندلس (نباتية)	باسيليو بابون مالدونالد	ت : على إبراهيم على منوفى
٢٥٥ - التيارات السياسية فى إيران	حجت مرتضى	ت : محمود سلامة علاوى
٢٥٦ - الميراث المر	بول سالم	ت : بدر الرفاعى
٢٥٧ - متون هيرميس	نصوص قديمة	ت : عمر الفاروق عمر
٢٥٨ - أمثال الهوسا العامة	نخبة	ت : مصطفى حجازى السيد
٢٥٩ - محاورات بارمنيدس	أفلاطون	ت : حبيب الشارونى
٢٦٠ - أنثروبولوجيا اللغة	أندرية جاكوب ونويلا باركان	ت : ليلى الشربينى
٢٦١ - التصحر : التهديد والمجابهة	آلان جرينجر	ت : عاطف معتمد وآمال شاوور
٢٦٢ - تلميذ باينبرج	هاينرش شبورال	ت : سيد أحمد فتح الله
٢٦٣ - حركات التحرر الأفريقى	ريتشارد جيبسون	ت : صبرى محمد حسن
٢٦٤ - حادثة شكسبير	إسماعيل سراج الدين	ت : نجلاء أبو عجاج
٢٦٥ - سأم باريس	شارل بودلير	ت : محمد أحمد حمد
٢٦٦ - نساء يركضن مع الذئب	كلاريسا بنكولا	ت : مصطفى محمود محمد

٣٦٧ - القلم الجريء	نخبة	ت : البراق عبد الهادي رضا
٣٦٨ - المصطلح السردي	جيرالد برنس	ت : عابد خزندار
٣٦٩ - المرأة في أدب نجيب محفوظ	فوزية العشماوي	ت : فوزية العشماوي
٣٧٠ - الفن والحياة في مصر الفرعونية	كليرلا لويت	ت : فاطمة عبد الله محمود
٣٧١ - التصوف الأولون في الأدب التركي ج٢	محمد قزاد كويريلي	ت : عبد الله أحمد إبراهيم
٣٧٢ - عاش الشباب	وانغ مينغ	ت : وحيد السعيد عبد الحميد
٣٧٣ - كيف تعد رسالة دكتوراه	أمبرتو إيكو	ت : علي إبراهيم علي منوفي
٣٧٤ - اليوم السادس	أنثريه شديد	ت : حمادة إبراهيم
٣٧٥ - الخلود	ميلان كونديرا	ت : خالد أبو اليزيد
٣٧٦ - الغضب وأحلام السنين	نخبة	ت : إدوار الخراط
٣٧٧ - تاريخ الأدب في إيران ج٤	علي أصغر حكمت	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٧٨ - المسافر	محمد إقبال	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٣٧٩ - ملك في الحديقة	سنيل بات	ت : جمال عبد الرحمن
٣٨٠ - حديث عن الخسارة	جونتر جراس	ت : شيرين عبد السلام
٣٨١ - أساسيات اللغة	ر. ل. تراسك	ت : رانيا إبراهيم يوسف
٣٨٢ - تاريخ طبرستان	بهاء الدين محمد إسفنديار	ت : أحمد محمد نادي
٣٨٣ - هدية الحجاز	محمد إقبال	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٣٨٤ - القصص التي يحكيها الأطفال	سوزان إنجيل	ت : إيزابيل كمال
٣٨٥ - مشتري العشق	محمد علي بهزادراد	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٣٨٦ - نفاعاً من التاريخ الألبى النسوى	جانيت تود	ت : ريهام حسين إبراهيم
٣٨٧ - أغنيات وسوناتات	جون دن	ت : بهاء چاهين
٣٨٨ - مواعظ سعدى الشيرازي	سعدى الشيرازي	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٨٩ - من الأدب الباكستاني المعاصر	نخبة	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٣٩٠ - الأرشيفات والمدن الكبرى	نخبة	ت : عثمان مصطفى عثمان
٣٩١ - الحافلة الليكسية	مايف بينشي	ت : منى البروي
٣٩٢ - مقامات ورسائل أندلسية	فرناندو دي لاجرانخا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٣٩٣ - في قلب الشرق	ندوة لويس ماسينيون	ت : زينب محمود الخضيري
٣٩٤ - القوى الأربع الأساسية في الكون	بول ديفيز	ت : هاشم أحمد محمد
٣٩٥ - آلام سياوش	إسماعيل فصيح	ت : سليم حمدان
٣٩٦ - السافاك	نقى نجارى راد	ت : محمود سلامة علاوى
٣٩٧ - نيتشه	لورانس جين	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٩٨ - سارتر	فيليب تودى	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٩٩ - كامى	ليفيد ميروفتس	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٤٠٠ - مومو	مسيانيل إنده	ت : باهر الجوهري
٤٠١ - الرياضيات	زيادون ساردر	ت : معنوح عبد المنعم
٤٠٢ - هوكنج	ج . ب . ماك أيفوى	ت : معنوح عبد المنعم

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

رقم الإيداع ١٠٣١١ / ٢٠٠٣

المجلس
الأعلى
للثقافة



المشروع القومي للترجمة

Introducing Stephen Hawking & J. P. McEvoy Oscar Zarate



أقدم لك ... هذه السلسلة !

تتميز هذه السلسلة بتقديم أحدث المؤلفات العلمية والفكرية في مختلف المجالات، من الطب والعلوم الإنسانية إلى الفلسفة والعلوم الطبيعية. تهدف إلى إثراء المكتبة الوطنية وتقديم أفضل ما في عالم الفكر والعلم للقارئ العربي. السلسلة تشمل مؤلفات علماء عالميين من مختلف الثقافات واللغات، مما يجعلها مرجعاً لا غنى عنه للباحثين والطلبة على حد سواء.

تحت إشراف المجلس الأعلى للثقافة، تم اختيار هذه المؤلفات بعناية فائقة لضمان جودتها وأهميتها. نأمل أن تساهم هذه السلسلة في تطوير الفكر العلمي والثقافي في مصر والعالم العربي.

عام ١٩٧٢ بالاشتراك مع المجلس الأعلى للثقافة
من جامعة كمبريدج عام ١٩٧٨
الطبعة

Bibliotheca Alexandrina



05552937

سليمان هـ